

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO  
DE UMA TORRE SUSTENTÁVEL EM UMA RESIDÊNCIA**

**Roberto Rodrigues Buhr**

**FLORIANÓPOLIS, SC  
DEZEMBRO/2009**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO  
DE UMA TORRE SUSTENTÁVEL EM UMA RESIDÊNCIA**

**Roberto Rodrigues Buhr**

**Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa  
Catarina para Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador  
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa**

**Co-orientador  
Eng. Dr. Marcio Andrade**

**FLORIANÓPOLIS, SC  
DEZEMBRO/2009**

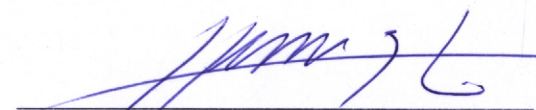
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

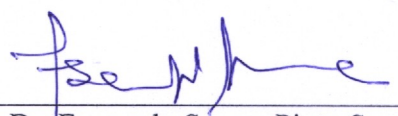
**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO  
DE UMA TORRE SUSTENTÁVEL EM UMA RESIDÊNCIA**

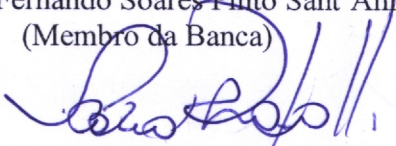
**Roberto Rodrigues Buhr**

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II**

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna  
(Membro da Banca)

  
Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli  
(Membro da Banca)

**FLORIANÓPOLIS, SC  
DEZEMBRO/2009**

## **AGRACEDIMENTOS**

À minha família pelo apoio, incentivo, carinho e amor dedicados;

Aos meus amigos e pessoas especiais, que me acompanharam durante todos esses anos;

Aos professores membros da banca examinadora, por aceitarem o convite;

A todos os meus professores, pela contribuição à minha formação e conhecimento adquirido ao longo desta trajetória;

Ao Prof. Henrique de Melo Lisboa, pela orientação, dedicação e ensinamentos durante este período;

Ao Eng. Marcio Andrade, por passar conhecimentos e conselhos sobre este tema, esclarecendo minhas dúvidas e me orientando.

## RESUMO

A problemática envolvida na questão da escassez, má distribuição, desperdício e poluição dos recursos hídricos exige da humanidade a busca por medidas, práticas e incentivos que promovam a conservação da água. Nas últimas três décadas a questão energética evidenciou-se como outro grande problema no planeta, principalmente na dependência energética em relação ao petróleo e fontes de energia não renováveis. Nesse contexto, soluções e alternativas mitigadoras são constantemente apresentadas e discutidas pela comunidade mundial. Dentre estas propostas surge o Projeto Torre Sustentável. Este projeto é uma realização do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com a COHAB-SC. Ele tem a finalidade de propor um produto apropriado, principalmente, para habitações de baixa renda e que possa ser utilizado tanto para novas como para habitações já existentes. A Torre Sustentável é um projeto inovador, com múltiplos usos, composta por: reservatório elevado de água de abastecimento potável, coletor solar para aquecimento de água e um sistema de aproveitamento de água de chuva. O presente trabalho tem por objetivo geral analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma Torre Sustentável em uma habitação de interesse social no município de Florianópolis – SC. A metodologia utilizada contemplou o monitoramento do consumo de água e energia desta habitação. Os dados climáticos da região foram estudados e foram feitas análises laboratoriais da qualidade da água da chuva coletada. Foram avaliadas a eficiência e praticidade do sistema, e levantados seus custos de implantação e manutenção. Por fim, foi determinado o tempo de retorno do investimento e sua viabilidade financeira. Os resultados apontam a inviabilidade econômica do projeto nas atuais condições de uso, porém a mesma torna-se atraente quando instalada em condições condizentes com a verdadeira realidade das habitações de baixa renda no Brasil. Ressalta-se que a política tarifária social praticada pela companhia concessionária de saneamento desestimula a adoção de tecnologias que promovam o uso eficiente da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de chuva, Aquecimento solar da água, Habitação Sustentável.

## **ABSTRACT**

The problem about the lack of water, poor distribution, losses and pollution of water resources require the search for solutions and alternatives to this issue. In the last three decades another major problem was confronted, the human dependence of oil and other non renewable energy sources. In this context, alternative solutions are constantly being presented and discussed by the world's community, among these proposals there is the Torre Sustentável Project. It was organized by the Laboratory of Energy Efficiency in Buildings of the Federal University of Santa Catarina (UFSC) in partnership with COHAB-SC, in order to apply a sustainable home concept. This is an innovative project, based on a system that captures and uses rainwater for non-drinking purposes in the house, there is also a solar collector that heats the water consumed in the shower. This work aims at analyzing the technical and economic feasibility of the tower in a needy residence in Florianópolis – SC. The methodology used was to check the consumption of the water and electricity in the house. Analyze the climatic data of the region and do laboratory tests to present the quality of the rainwater collected. To evaluate the efficiency and practicality of the system, and estimate the costs its construction. Finally, determine the time of return on investment and its financial viability. The result shows that the project is unviable when it works in the current conditions; however the project becomes attractive on common Brazilian poor communities. It is emphasized that the tariff practiced by the water company discourages the adoption of technologies that promote the efficient use of the water.

**KEY-WORDS:** Rainwater, Solar water heating, Sustainable dwelling.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
3. JUSTIFICATIVA.....	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1. A Água .....	15
4.1.1. A Água no Brasil .....	17
4.1.2. A Água em Florianópolis .....	19
4.2. Consumo de Água .....	21
4.3. Política Nacional dos Recursos Hídricos .....	23
4.4. Uso da Água da Chuva.....	24
4.4.1. Qualidade da Água.....	26
4.4.2. Normas para Aproveitamento de Água da Chuva .....	28
4.4.3. Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais .....	28
4.5. Desenvolvimento Sustentável .....	31
4.5.1. Energias Renováveis .....	31
4.5.2. Energia Solar .....	32
4.5.3. Coletor Solar.....	32
4.5.4. Radiação Solar.....	35
4.5.5. Panorama Energético Solar no Brasil.....	35
5. MATERIAIS E MÉTODOS .....	37
5.1. O Local do Projeto .....	37
5.1.1. Clima.....	37
5.1.2. Residência em Estudo.....	38
5.2. Descrição do Projeto Torre Sustentável .....	39
5.2.1. Reservatório Elevado de Água Potável.....	46
5.2.2. Sistema de Aquecimento Solar .....	46
5.2.3. Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva .....	48
5.2.3. Material Usado na Construção.....	51
5.3. Monitoramento e Tarifas .....	51
5.3.1. Água .....	51
5.3.2. Energia.....	53
5.4. Padrões de Potabilidade da Água .....	55
5.5. Custo de Implantação do Sistema .....	56
5.6. Análise do Retorno do Investimento .....	57
6. DISCUSSÃO E RESULTADOS .....	58
6.1. Dados Pluviométricos .....	58
6.2. Consumo de Água antes e depois da Instalação da Torre Sustentável.....	59
6.3. Qualidade da Água e Análise dos Padrões de Potabilidade .....	64
6.4. Consumo de Energia antes e depois da Instalação da Torre Sustentável.....	65
6.5. Período de Retorno do Investimento .....	68

6.6. Simulação da Eficiência da Torre Sustentável para uma Família Ideal .....	69
6.6.1. Água .....	69
6.6.2. Energia.....	72
6.6.2. Retorno do Investimento.....	74
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
8. REFERÊNCIAS .....	77



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Capacidade hídrica no mundo por região.....	16
Tabela 2: Relação entre população e consumo de água em cidades japonesas.....	16
Tabela 3: Classificação da disponibilidade mundial de água doce. ....	17
Tabela 4: Disponibilidade hídrica no mundo (1.000 m <sup>3</sup> /hab./ano). ....	17
Tabela 5: Índices da água em cada região do brasil em 2002. ....	18
Tabela 6: Consumo médio de água em uma residência no brasil. ....	18
Tabela 7: Consumo médio de água em cidades de santa catarina. ....	19
Tabela 8: Consumo de água em um condomínio no bairro trindade em florianópolis. ....	20
Tabela 9: Precipitação total média para a cidade de florianópolis. ....	21
Tabela 10: Uso final de água tratada para consumo doméstico. ....	22
Tabela 11: Níveis de qualidade para uso de água da chuva. ....	26
Tabela 12: Variações da qualidade da água de chuva devido ao local coletado. ....	27
Tabela 13: Parâmetros físico-químicos obtidos no experimento na finlândia. ....	27
Tabela 14: Tarifas cobradas pela casan em 2009. ....	52
Tabela 15: Tarifas cobradas pelas celesc na residência em estudo. ....	54
Tabela 16: Precipitações mensais em florianópolis em 2009. ....	59
Tabela 17: Consumos de água na residência de acordo com os hidrômetros instalados. ....	60
Tabela 18: Comparação entre o consumo e da precipitação de água da chuva.....	63
Tabela 19: Resultados das análises da água coletada. ....	64
Tabela 20: Consumo e gasto com energia na casa do projeto.....	65
Tabela 21: Influência dos aparelhos no consumo de energia na residência. ....	67
Tabela 22: Comparação dos gastos com energia com e sem a máquina de lavar roupa. ....	68
Tabela 23: Simulação dos gastos e consumos da família com água. ....	70
Tabela 24: Simulação do consumo de água da chuva em relação à água potável. ....	71
Tabela 25: Simulação da economia na conta de água. ....	72
Tabela 26: Simulação do consumo de energia com e sem a torre sustentável.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esboço do funcionamento do sistema de aquecimento solar da água. ....	34
Figura 2: Localização geográfica do município de florianópolis.....	38
Figura 3: Residência onde foi instalada a torre sustentável. ....	39
Figura 4: Caixa d'água disposta sobre uma estrutura de madeira grosseira. ....	41
Figura 5: Caixa d'água disposta sobre uma estrutura ao lado da residência.....	41
Figura 6: Caixas d'água localizadas sobre residências expostas às intempéries.....	42
Figura 7: Exemplo de uma forma rude de instalação de uma caixa d'água. ....	42
Figura 8: Dispositivo de retenção de sólidos grosseiros localizado na calha.....	43
Figura 9: Vista frontal da torre sustentável. ....	44
Figura 10: Representação dos componentes internos da torre sustentável. ....	45
Figura 11: Ilustração dos reservatórios de água da torre.....	46
Figura 12: Representação das inclinações da placa solar.....	47
Figura 13: Boiler da torre sustentável. ....	48
Figura 14: Reservatório intermediário de água da chuva.....	49
Figura 15: Calha para captação das águas precipitadas. ....	50
Figura 16: Fotografia dos fundos da residência. ....	50
Figura 17: Hidrômetro instalado no sistema. ....	52
Figura 18: Aparelho medidor do consumo de energia. ....	55
Figura 19: Total precipitado mensal em florianópolis em 2009. ....	58
Figura 20: Consumo de água nos hidrômetros instalados no projeto. ....	61
Figura 21: Consumo total de água na residência.....	62
Figura 22: Tipos de consumo de água na residência.....	63

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, vital e indispensável ao homem e aos ecossistemas, além disso, ela é essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma. A água é também um bem de valorização econômica, o principal “commodity” do século XXI, mas vem sendo desperdiçada e poluída, sem receber a atenção que merece.

Setti (1994 apud MOTA, 1997) destaca que a quantidade de água livre sobre a Terra atinge 1.370 milhões de  $\text{km}^3$ . Dessa quantidade, apenas 0,6% de água doce encontra-se disponível em forma líquida, correspondendo a 8,2 milhões de  $\text{km}^3$ . Desse valor, somente 1,2% se apresenta sob a forma de rios e lagos, sendo o restante (98,8%) constituído de água subterrânea. Desse total submerso, apenas a metade é utilizável, uma vez que a outra parte está situada abaixo da profundidade de 800 m, inviável para captação pelo homem. Em termos de volume, resta 98.400  $\text{km}^3$  de água aproveitável nos rios e lagos. Outros 4.050.800  $\text{km}^3$  presentes nos mananciais subterrâneos correspondem a aproximadamente 0,3% do total de água livre do Planeta.

Globalmente, a quantidade de água disponível é superior ao total consumido pelas populações. No entanto, a distribuição deste recurso é desigual nas diversas regiões do planeta e em geral não é diretamente proporcional às necessidades. Em muitas regiões do mundo o problema da falta de água para consumo se agrava no verão, principalmente nas cidades litorâneas, onde o aumento da população neste período pode fazer com que seja necessário o racionamento. Além do racionamento tem-se adotado como solução para este problema a gestão da oferta, ou seja, o investimento em novos mananciais, muitas vezes distantes e de pior qualidade. Porém, isto implica em custos elevados para bombeamento e tratamento (OLIVEIRA, 2005).

A educação ambiental é uma prática que têm mostrado eficácia para promover a sensibilização para o uso eficiente da água. Nesse contexto, faz-se necessário estabelecer uma nova relação entre o homem e a água, onde devem ser incentivadas ações que minorem os desperdícios e primem pelo uso racional dos recursos hídricos.

O problema da escassez de água não é exclusividade das regiões áridas e semi-áridas. Em muitos locais, onde há recursos hídricos em abundância, o consumo excessivo e mau uso da água fazem com que seja necessária a restrição ao consumo. Isto afeta o desenvolvimento econômico da região e a qualidade de vida da população. Uma das medidas que podem ser adota, quando factível, é a utilização de água de chuva para finalidades não potáveis. Associando-se assim, o uso a qualidade requerida e diminuindo a pressão sobre os mananciais de água a ser utilizada para finalidades potáveis.

A água de chuva é um recurso hídrico acessível a toda população, independente das condições econômicas e sociais, e ainda é uma fonte de água doce que até o momento não é passível de ser cobrada pelo seu uso. Embora, algumas concessionárias estejam querendo cobrar pelo acréscimo de efluentes gerados quando são implantados sistemas de aproveitamento de água de chuva.

O reuso de águas é uma das tecnologias que promovem a diminuição da demanda sobre os mananciais de água de abastecimento, superficiais ou subterrâneos, além de reduzir a emissão de efluentes líquidos.

O mundo também vive uma crise energética e um agravamento dos problemas ambientais. O petróleo e o carvão atingiram altas cotações no mercado internacional. Dessa forma, a exploração intensiva das reservas de combustíveis fósseis, não renováveis, e os prejuízos ambientais causados pelo uso desses recursos energéticos pressupõem um cenário preocupante. Nesse contexto, assume crucial importância a busca de fontes de energia alternativas, em especial, renováveis e não-poluentes como a solar, uma vez que o Sol é a principal fonte de energia para a Terra.

Para o engenheiro e professor Souza (2008), o interesse pela utilização da radiação solar como fonte de energia alternativa cresceu muito nas três últimas décadas, por razões econômicas, principalmente após a crise do petróleo de 1973, quando os estudos nessa área receberam grande impulso nos Estados Unidos e na Europa. Hoje, esse interesse está adquirindo maior dimensão, abrangendo não só o aproveitamento dessa radiação como fonte de energia limpa e renovável, mas também o conhecimento do clima e de suas mudanças.

Nesse contexto, o presente estudo visa abordar em conjunto dois grandes problemas que a humanidade enfrenta atualmente, a escassez de água doce de boa qualidade e a busca por fontes energéticas alternativas para o contínuo desenvolvimento da sociedade, baseando-se na viabilidade técnica e econômica da instalação de uma Torre Sustentável na comunidade de baixa renda Mont Serrat, conhecido como “Morro da Caixa”, do Maciço do Morro da Cruz, na parte insular de Florianópolis. O projeto Torre Sustentável foi desenvolvido em parceria entre a UFSC (LabEEE) e a COHAB de Santa Catarina para incorporação de conceitos de sustentabilidade relativos a eficiência energética e aproveitamento de água de chuva nos projetos de habitações mínimas da COHAB-SC.

A Torre Sustentável é um projeto inovador, com múltiplos usos, composta por: reservatório elevado de água de abastecimento potável, coletor solar para aquecimento de água e um sistema de aproveitamento de água de chuva. Esta torre tem o design apropriado para habitações de baixa renda e pode ser utilizada tanto para novas como para habitações já existentes.

Foi escolhida a comunidade de Mont Serrat por ela se enquadrar em um dos programas habitacionais executados pela COHAB-SC, o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social - P.S.H, que destina-se a melhoria das habitações unifamiliares da população com renda familiar de 1 a 3 salários mínimos. O objetivo desse programa é manter as pessoas no local em que residem, ao invés de deslocá-las para um conjunto habitacional.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade técnica e econômica relativa à implantação de uma Torre Sustentável em uma residência em Florianópolis - SC.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Levantar os custos de implantação e manutenção do sistema;
- Analisar os dados climáticos da região necessários à realização deste estudo;
- Estimar a capacidade de uso de água da chuva para a residência de acordo com sua área de captação;
- Realizar análise em laboratório para determinação da qualidade da água coletada, e posteriormente verificar a necessidade ou não da etapa de desinfecção da água da chuva;
- Avaliar a funcionalidade e praticidade do sistema;
- Monitorar o consumo de água da rede e energia elétrica desta residência antes e depois da implantação da Torre Sustentável;
- Determinar o tempo de retorno do investimento considerando a economia na tarifa de água, esgoto e energia elétrica e o custo de implantação do sistema.

## **3. JUSTIFICATIVA**

A civilização há muitos anos não se desenvolve de forma sustentável e se mudanças não forem propostas e executadas com rapidez, as gerações futuras terão sérios problemas para viver em um ambiente tão degradado. Observa-se que o homem está utilizando os recursos naturais do planeta a taxas mais elevadas do que a natureza consegue repô-los. Para agravar, estudos apontam que o consumo de fontes não renováveis é finito, o que leva a sociedade a atual crise energética. Nesse sentido, constata-se que até o momento as medidas tomadas para melhorar a situação foram poucas e por muitas vezes ineficientes.

O problema da água no planeta é um dos temas mais delicados na grande área do desenvolvimento sustentável e provavelmente o mais importante dentre eles, simplesmente porque sem água não há vida. Devido à escassez de reservas de água doce no planeta, associado à poluição dessas reservas e o aumento exponencial de seu consumo pelo homem, torna-se necessária a adoção de medidas que alterem este panorama e mude a visão das pessoas quanto a este recurso tão importante.

O aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis aparece neste contexto como uma eficaz medida para uma utilização mais racional da água tratada em centros urbanos. Grande parte do consumo da água residencial potável é para fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, rega de jardim, limpeza de pisos, lavagem de roupa entre outras, que podem ser feitas com a utilização de água da chuva, abundante em quase todo o território brasileiro.

A união do aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis com o aquecimento solar da água para habitações de interesse social contribuem para mitigar três dos grandes problemas enfrentados pela sociedade moderna, que são a escassez de recursos hídricos, a problemática

energética mundial e a pobreza. Logo, o projeto Torre Sustentável se aplica como ação mitigadora nessas três frentes, sendo uma alternativa na busca de um futuro mais próspero.

Este estudo torna-se importante também no âmbito social, pois, o sistema de aproveitamento de água da chuva associado ao aquecimento solar da água traz economia tanto na fatura da água quanto na de energia para uma residência, o que para uma família de baixa renda pode fazer muita diferença. Vale ressaltar, que para a implantação da Torre Sustentável necessita-se de um investimento inicial, bem como uma análise da relação custo-benefício do projeto, assim como a determinação do tempo de retorno do investimento e sua eficiência.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão abordados assuntos relacionados à temática do estudo em questão que compete aos recursos hídricos, desenvolvimento sustentável e energia solar.

### 4.1. A Água

A água é um elemento indispensável para a vida de todos os seres vivos do planeta. É através da água que são asseguradas as necessidades humanas básicas como saúde, produção de alimentos, energia e a manutenção dos ecossistemas regionais e mundiais (PNUD, 2006).

Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume são de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% são de água doce, porém, localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2005).

A humanidade é composta atualmente por mais de 6 bilhões de habitantes e o ritmo de sua expansão preocupa os estudiosos do assunto desde 1798, quando o economista britânico Thomas Malthus (1766-1834) estimou que o crescimento populacional acabaria por superar o ritmo de ampliação da oferta de alimentos e água. Desde então, muitos estudiosos têm tentado calcular qual a população máxima que o planeta pode suportar. O ritmo de crescimento populacional está caindo na maior parte do planeta. Atualmente há um crescimento anual de 78 milhões de habitantes, bem menor que os 90 milhões registrados em 1990 (PROECO, 2004).

Existem projeções que antecipam a escassez progressiva de água em diversos países do mundo, com base na disponibilidade de menos de 1.000 m<sup>3</sup> de água renovável por pessoa por ano, no intervalo 1955-2025 (MANCUSO e SANTOS, 2004).

Atualmente, o consumo mundial de água doce é seis vezes maior do que em 1900, embora a população mundial não tenha crescido na mesma proporção ao longo do século. O alto padrão de consumo hídrico está associado, sobretudo à irrigação, processo que ocasiona o emprego de mais de 70% da água doce consumida. A indústria é responsável pelo uso de 22% do consumo e o uso doméstico com 8%. No entanto, há estimativas de que o consumo industrial duplicará até 2025 e que haverá um aumento de até quatro vezes na emissão de poluentes industriais nos corpos de água (PROECO, 2004).

A água no planeta encontra-se distribuída de forma não uniforme, sendo que na Ásia e na América do Sul se concentram os maiores volumes disponíveis. A Ásia detém a maior parcela mundial deste recurso, totalizando aproximadamente 31,6%, e alcançando vazões de 458.000 km<sup>3</sup>/ano. Os menores potenciais são encontrados na Oceania, Austrália e Tasmânia (TOMAZ, 2003). Os valores de produção hídrica por região do mundo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Capacidade hídrica no mundo por região.

<b>Região do Mundo</b>	<b>Vazão (km³/ano)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

Segundo Netto et al. (1998), o consumo de água é influenciado por fatores como o clima, o padrão econômico da população, o número de habitantes da cidade, os hábitos da população, o sistema de fornecimento e cobrança da água, o custo da água entre outros. Em geral, em países menores, quanto maior o número de habitantes de uma cidade, maior é o consumo de água. Isto ocorre, por exemplo, em cidades do Japão, conforme a Tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Relação entre população e consumo de água em cidades japonesas.

<b>População (hab.)</b>	<b>Consumo de água (l/hab./dia)</b>
Até 5.000	197
50.000 a 100.000	337
250.000 a 500.000	370
Acima de 1.000.000	448

Fonte: Adaptado de Netto et al., (1998).

Conforme estimativas da UNESCO (2006), cerca de 20% da população mundial não possui acesso à água potável, ressaltando ainda que aproximadamente 40% não têm sequer água suficiente para higiene pessoal e saneamento básico adequados.

Segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), a quantidade de água que o ser humano necessita, por dia, para atender suas necessidades é de 189 litros. Já para a Organização das Nações Unidas esta quantidade é de 20 litros por pessoa por dia. Na prática o consumo per capita varia de região para região. Em países europeus o consumo por pessoa por dia está situado entre 150 e 250 litros, enquanto que nos Estados Unidos este consumo é superior a 300 litros por pessoa por dia (VIDAL, 2002 apud OLIVEIRA, 2004).

De acordo com Tomaz (2001), convencionou-se que países com escassez de águas seriam aqueles que teriam índices de distribuição mundial do volume de água doce anual disponível, relativo ao número de habitantes, menores que 500 m³/hab./ano. Entre esses países estão classificados a Arábia Saudita, Israel, Líbia, entre outros. Já entre os países considerados ricos em água encontram-se entre o Brasil, Canadá, Rússia, Colômbia, e outros.

A United Nations Environment Programme (UNEP) adota a classificação de distribuição do volume de água doce no mundo apresentada na Tabela 3.



Tabela 3: Classificação da disponibilidade mundial de água doce.

<b>Disponibilidade de Água Doce (1.000 m³/hab./ano)</b>	<b>Classificação</b>
maior que 20	muito alto
de 10 a 20	alto
de 5 a 10	médio
de 2 a 5	baixo
de 1 a 2	muito baixo
até 1	extremamente baixo

Fonte: UNEP (2002).

Um fator preocupante consiste na crescente dinâmica de consumo de água pelo mundo. A Tabela 4, a seguir, demonstra o aumento populacional ocorrido ao longo dos últimos cinquenta anos que influenciou no crescimento da demanda de água e, conseqüentemente, diminuiu a sua disponibilidade.

Tabela 4: Disponibilidade hídrica no mundo (1.000 m³/hab./ano).

<b>Continente</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>2000</b>
África	20,6	16,5	12,7	9,4	5,1
Ásia	9,6	7,9	6,1	5,1	3,3
América do Sul	105,0	80,2	61,7	48,8	28,3
América do Norte	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5
Europa	5,9	5,4	4,9	4,4	4,1
Total	178,3	140,2	110,6	89,0	58,3

Fonte: World Water (2004).

#### 4.1.1. A Água no Brasil

Segundo Tomaz (2001), o Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35.732 m³/hab./ano, sendo considerado um país “rico em água”. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo. Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, o que corresponde a 53% da vazão média total da América do Sul.

A disponibilidade hídrica do Brasil encontra-se, na maior parte, distribuída em bacias hidrográficas. As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Araguaia-Tocantins, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do rio Paraíba, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2002).

A maior rede hidrográfica mundial é a da Bacia Amazônica, que abrange uma área de drenagem da ordem de 6.112.000 km², ocupando aproximadamente 42% da superfície do território brasileiro, se estendendo além das fronteiras da Venezuela à Bolívia (ANEEL, 2002).

Um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo é o Aquífero Guarani, que cobre uma superfície de quase 1,2 milhões de km², e está inserido na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, localizada em territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Esse aquífero constitui a principal

reserva de água subterrânea da América do Sul, com um volume estimado em 46.000 km<sup>3</sup>, sendo 71% localizado em território brasileiro (AQÜÍFERO GUARANI, 2008).

Assim como no caso da distribuição mundial dos recursos hídricos, o Brasil apresenta grande disponibilidade de água, mas estes não estão distribuídos uniformemente pelo país, havendo um grande desequilíbrio entre oferta de água e demanda.

Percebe-se que no Brasil, as regiões mais populosas são justamente as que possuem menor disponibilidade de água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional. A exemplo disso pode-se citar a Região Sudeste do Brasil, que dispõe de um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, porém, conta com 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que compreende a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, contando com apenas 8% da população brasileira (GHISI e TRÉS, 2004).

A Tabela 5 apresenta alguns dados sobre a distribuição de água e seu consumo pelas cinco regiões do Brasil.

Tabela 5: Índices da água em cada região do Brasil em 2002.

<b>Região</b>	<b>Área Territorial (%)</b>	<b>Disponibilidade de água (%)</b>	<b>População (%)</b>	<b>Consumo de Água (l/hab.dia)</b>
Norte	45	69	8	134,1
Nordeste	18	3	28	114,8
Sudeste	11	6	43	173,8
Sul	7	6	15	134,9
Centro-Oeste	19	15	7	145,9

*Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2002).*

Em residências de cidades de porte médio, o consumo chega a 200 litros por habitante por dia, podendo elevar-se até 400 litros em bairros de nível econômico mais alto e reduzir-se para valores de 120 litros por habitante por dia em cidades de menor porte. O consumo dos banheiros representa 70 a 82% do consumo total de uma residência de porte médio (OLIVEIRA, 2004). Na Tabela 6 são apresentados valores sobre o percentual de água consumida em cada atividade doméstica, para um consumo estimado de 200 litros por habitante por dia.

Tabela 6: Consumo médio de água em uma residência no Brasil.

<b>Aparelhos</b>	<b>Consumo (%)</b>
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	5
Lavação de roupas	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

*Fonte: Oliveira (2004).*

#### 4.1.2. A Água em Florianópolis

O Estado de Santa Catarina, localizado na Região Sul do Brasil, possui um território com 95.346,181 km<sup>2</sup>, o que corresponde a apenas 1,1% do território brasileiro. Sua população reside em 293 municípios, e segundo o censo do ano de 2005 aproxima-se de 5.866.252 habitantes (IBGE, 2009).

O estado possui várias bacias hidrográficas, as quais estão divididas em três bacias principais: Bacias do Iguaçu, do Sudeste e do Uruguai. Entre os principais rios do estado, pode-se citar o Uruguai, o Canoas, o Pelotas e o Negro (CASAN, 2005).

Segundo relatórios do Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, o manejo inadequado dos sistemas produtivos, o excesso de uso de águas subterrâneas na agricultura e a pouca cobertura vegetal, possibilitam em algumas regiões do estado a baixa disponibilidade de água, principalmente em períodos de estiagem. A grande maioria da população do estado, aproximadamente 95%, é abastecida com água de superfície, encontrada em rios, lagoas e lagos de barragens (SIRHESC, 2007).

A Tabela 7, a seguir, aponta o consumo médio de água em algumas cidades do Estado de Santa Catarina.

Tabela 7: Consumo médio de água em cidades de Santa Catarina.

<b>Cidade</b>	<b>Consumo médio per capita de água (litros/hab./dia)</b>
Tijucas	270
Pomerode	230
São Francisco do Sul	180
Gaspar	177
Governador Celso Ramos	175
Urussanga	164
Blumenau	159
Florianópolis	155
Brusque	130
Jaraguá do Sul	126
Orleans	120
São Bento do Sul	117
Rio Negrinho	107

*Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2002).*

A capital do estado de Santa Catarina é Florianópolis, que possui 408.161 habitantes e dispõe de 436,5 km<sup>2</sup> de área territorial distribuídos em parte continental e insular. As principais bacias hidrográficas do município de Florianópolis são: de Ratones, do Saco Grande, da Lagoa da Conceição, do Itacorubi, do Rio Tavares e da Lagoa do Peri (IPUF, 2008).

De acordo com informações do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (2009), os principais rios do município de Florianópolis são o Rio Tavares, Rio das Pacas, Rio do Peri, Rio Ribeirão João Gualberto, Rio Ratones, Rio Papaquara e Rio Córrego Grande. Além disso, o município

possui duas importantes formações lacustres, a Lagoa da Conceição, que possui águas salobras e a Lagoa do Peri, importante manancial de água doce que abastece uma boa parcela do município.

Mesmo com diversos rios e lagoas em sua área territorial, a disponibilidade hídrica de Florianópolis pode ser considerada baixa, pois os maiores rios que fornecem água para o abastecimento de grande parte da cidade, encontram-se em municípios vizinhos, como por exemplo, o Rio Cubatão, em Santo Amaro da Imperatriz. Em algumas áreas do município já existem problemas com o manejo das bacias hidrográficas, pois a ocupação desordenada e o desmatamento comprometem a preservação dos mananciais, acarretando a obstrução de pequenos córregos, problemas de drenagem, erosão e poluição das águas (HANSEN, 1996).

Para verificar o consumo de água dentro da residência, é necessária uma boa coleta de dados e caracterização dos ambientes, na qual devem ser considerados: pressão, vazão, clima, população, frequência de utilização, poder aquisitivo e produtos instalados. Ghisi e Trés (2004) realizaram um estudo que determinou os usos finais de água em um condomínio residencial, composto por três blocos, localizado no bairro Trindade, na cidade de Florianópolis. Com base nos valores encontrados neste estudo, apresentados na Tabela 8, foi possível verificar que os percentuais de consumo de água para fins não potáveis variam de 39,2% a 42,7%.

Tabela 8: Consumo de água em um condomínio no bairro Trindade em Florianópolis.

		Bloco A	Bloco B	Bloco C
Ponto de Consumo		% de uso	% de uso	% de uso
Potável	Alimentação	0,5	1,2	0,7
	Banhos	16,2	23,2	28,6
	Higiene Pessoal	10,5	21,5	14,0
	Lavagem de Louça	33,6	14,0	14,0
Não Potável	Vaso Sanitário	35,1	29,7	34,8
	Lavagem de Roupas	2,0	5,9	6,0
	Lavagem de carros, jardins	2,1	4,5	1,9
Total não Potável		39,2	40,1	42,7

Fonte: Ghisi e Trés (2004).

O Departamento Nacional de Meteorologia elaborou um relatório que apresenta os valores de precipitação total de chuvas para Florianópolis, em um horizonte de 30 anos, de 1961 até 1990, que podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 9: Precipitação total média para a cidade de Florianópolis.

Mês	Precipitação total (mm)
Janeiro	176,2
Fevereiro	197,2
Março	186,3
Abril	96,6
Maio	96,9
Junho	75,2
Julho	94,6
Agosto	92,5
Setembro	126,8
Outubro	126,0
Novembro	129,1
Dezembro	146,2
<b>Anual</b>	<b>1.543,9</b>

*Fonte: Brasil (1992).*

Constata-se que Florianópolis é uma cidade que possui um alto índice pluviométrico, ultrapassando a casa dos 1.500 milímetros por ano. Chove bastante, principalmente durante os meses mais quentes do ano, promovendo as chamadas chuvas de verão. Elas são caracterizadas por serem intensas e de curta duração.

#### 4.2. Consumo de Água

Alguns recursos naturais são de fundamental importância para a vida no planeta, dentre eles, hoje a água doce é a mais ameaçada, tanto devido à escassez como também a sua qualidade. As intensas e crescentes agressões ao meio ambiente vêm comprometendo cada vez mais a qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis. Ao mesmo tempo, a água vem sendo desperdiçada de diferentes formas em todo o mundo, sobretudo nos grandes centros urbanos. Esse quadro vem aumentando a preocupação mundial com sua gestão, considerando que a água é um recurso natural finito, cada vez mais caro e escasso.

A poluição é tudo aquilo que altera negativamente qualquer meio, criando condições adversas e prejudicando a saúde, a segurança e o bem estar das pessoas. A poluição das águas e a falta de saneamento são as principais causas das doenças de veiculação hídrica, que provocam milhares de mortes anualmente (SABESP, 2004).

Atualmente, 2,4 bilhões de pessoas, o que representa mais de um terço da população mundial, não têm acesso a serviços sanitários básicos e cerca de 1,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável. Outras 2,2 milhões morrem todo o ano de doenças ligadas à água, a maioria em países subdesenvolvidos, apresentando uma média de seis mil mortes de crianças por dia. Para atingir o objetivo fixado pelas Nações Unidas durante a Cúpula de Johannesburgo, em 2002, 300 mil pessoas por dia teriam de ganhar acesso a fontes potáveis e completamente despoluídas até 2015. Segundo a UNESCO, esta meta não será cumprida (PNUD, 2006).

A água potável é utilizada para atividades distintas nas mais diferentes edificações, tais como: preparação de alimentos e bebidas, limpeza pessoal e ambiental, entre outros. Dentre os diversos usos da água, uma parcela significativa está destinada a fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavação de automóveis e calçadas, onde poderia perfeitamente ser utilizada água de chuva (MARINOSKI, 2007).

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos em vários países, a fim de identificar os usos finais de água, principalmente nos setores residencial e público. A Tabela 10, na seqüência, apresenta resultados de pesquisas de consumo de água no meio residencial de alguns países do mundo.

Tabela 10: Uso final de água tratada para consumo doméstico.

		<b>Dinamarca</b>	<b>Estados Unidos</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>Colômbia</b>	<b>Suíça</b>
	<b>Ponto de Consumo</b>	<b>% de uso</b>	<b>% de uso</b>	<b>% de uso</b>	<b>% de uso</b>	<b>% de uso</b>
<b>Potável</b>	<b>Alimentação</b>	5	2	4	5	11
	<b>Banhos</b>	20	17	20	30	30
	<b>Higiene Pessoal</b>	10	16	17	10	7
	<b>Lavagem de Louças</b>	20	2	11	5	5
<b>Não Potável</b>	<b>Vaso Sanitário</b>	20	27	37	40	35
	<b>Lavagem de Roupas</b>	15	22	11	10	4
	<b>Lavagem de carros, jardins</b>	10	x	x	x	8
	<b>Vazamentos</b>	x	14	x	x	x
<b>Total não Potável</b>		<b>45%</b>	<b>63%</b>	<b>48%</b>	<b>50%</b>	<b>47%</b>

Fonte: Tomaz (2001).

A falta de orientação e sensibilização das pessoas quanto à quantidade de água perdida pelo mau uso dos aparelhos e equipamentos hidráulicos, bem como vazamentos nas instalações, são alguns dos fatores responsáveis pelo desperdício de água, principalmente quanto ao desperdício em suas próprias residências. Além disso, os problemas de vazamentos no sistema público são responsáveis por grande parcela de desperdício de água (COGERH, 2006).

Nos sistemas de abastecimento de água podem ocorrer perdas físicas ou não-físicas. As perdas físicas são aquelas que estão relacionadas à água que não chega ao consumidor, devido a vazamentos nas redes de distribuição e nas ligações com as residências ou ramais prediais. Existem também as perdas não físicas ou comerciais, que são os erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas ou falhas no próprio cadastro (SABESP, 2004).

O índice de perdas da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, empresa que opera em 366 municípios em todo o Estado de São Paulo, atualmente está em 33%; sendo 15% físicas e 18% comerciais. Este índice representa nove mil litros de água perdidos em um único segundo. Este valor é maior do que de medições feitas em países de primeiro mundo, como o Canadá, que perde 14% de água, a Inglaterra 17,3% do total produzido. Em Tóquio, o índice é de apenas 8,4%, pois as tubulações são feitas de aço inoxidável em função de problemas com terremotos (SABESP, 2004).

Segundo Tomaz (2001), diversas ações são necessárias para a redução do consumo de água, como detecção e reparo de vazamentos, campanhas educativas, troca de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água e estudos para aproveitamento de água de chuva e reuso de águas.

Ainda no entendimento de Tomaz (2001), o uso racional da água está cada vez mais presente nos meios de comunicação, buscando incentivar e conscientizar as pessoas da importância de não desperdiçar e fazer um bom uso deste recurso, que é vital para a humanidade. O uso racional da água baseia-se em um conjunto de atividades, medidas e incentivos que promovam a redução do uso da água; o melhor uso dela; a implantação de práticas e tecnologias para economizá-la; e a transmissão dessas informações para os usuários deste recurso.

Em âmbito nacional, atualmente vem sendo aplicado o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), coordenado pelo Governo Federal, que tem por finalidade promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços dos sistemas. Este programa começou a ser delineado na década de 1980, mas não foi adiante por falta de incentivos. Por muito tempo restaram apenas algumas iniciativas associadas àquele esforço inicial, principalmente no sentido de se financiar pesquisas para o desenvolvimento de componentes que proporcionassem um baixo consumo de água. Somente em abril de 1997, finalmente foi instituído o programa no país (PNCDA, 2006).

Outro programa que se destaca e serve de exemplo para todo o país é o Programa de Uso Racional da Água (PURA), este possui suas atividades restritas ao Estado de São Paulo. Tem como objetivo principal garantir o fornecimento de água e a qualidade de vida da população. Para que isso seja possível, o PURA desenvolve uma série de atividades que buscam implantar e regulamentar leis que incentivem o uso racional de água, promover campanhas para incutir idéias de uso racional na sociedade, implementar normatizações que padronizem o desenvolvimento e produção de equipamentos economizadores de água e, por fim, introduzir o programa no currículo das escolas das redes de ensino estadual e municipal de São Paulo (SABESP, 2004).

#### 4.3. Política Nacional dos Recursos Hídricos

Segundo Borsoi e Torres (2004), a primeira experiência brasileira no que diz respeito à política de conservação dos recursos hídricos, aconteceu na década de 30 e apresentava-se totalmente vinculada à questão agrícola. Em 1933 foi criada a Diretoria de Águas e, posteriormente, o Serviço de Águas, no Ministério da Agricultura. Todavia, o marco histórico ocorreu em 1934, com a criação do Código de Águas, que até hoje permanece em vigor.

O Código de Águas foi estabelecido pelo Decreto no 24.643, de 10 de julho de 1934 e tinha como objetivo definir novos parâmetros de desenvolvimento, utilização e conservação dos recursos hídricos do país. Até aquela época, o uso das águas no Brasil era regido por uma legislação obsoleta e em desacordo com as necessidades e interesses da coletividade nacional (MMA, 2003).

A política brasileira de recursos hídricos começou a evoluir mesmo a partir dos anos 80, onde discussões a respeito dos pontos críticos da gestão destes recursos se intensificaram. Em 1984, foi finalizado um estudo que fazia um diagnóstico das 19 bacias hidrográficas do país e, decidiu-se criar o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BORSOI e TORRES, 2004).

A criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1996, veio a contribuir no cenário nacional, pois ela possui as funções de regular e fiscalizar a comercialização e distribuição de

energia elétrica, e também de controlar a demanda e água para a geração de eletricidade, ou seja, ela possui controle e jurisdição sobre a água represada em hidrelétricas.

Todavia, o passo mais importante foi dado com a aprovação da Lei Federal nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Esta lei também é conhecida como Lei das Águas e representa um marco institucional no país, pois ela aborda princípios, normas e padrões de gestão de água já praticados e difundidos em vários países (ANA, 2006).

#### 4.4. Uso da Água da Chuva

Registros históricos indicam que a água da chuva já é utilizada pela humanidade há milhares de anos. Existem inúmeras cisternas escavadas em rochas, utilizadas para aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, encontra-se um dos exemplos mais conhecidos, a famosa fortaleza de Masada, com dez reservatórios escavados na rocha, tendo como capacidade total 40 milhões de litros. No México, existem cisternas ainda em uso, que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

A água da chuva passou a ser uma prática comum em vários países para aplicações na agricultura, na indústria, em atividades recreacionais, para uso doméstico, na manutenção de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos. Assim, surge a necessidade de se estabelecer critérios relativos à fonte de água utilizada, especificando sua análise e confiabilidade do tratamento (NETTO, 1991).

Um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial e promove estudos e pesquisas nessa área, é o Japão. Como exemplo, tem-se o caso de Tóquio, onde regulamentos do governo metropolitano obrigam que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m<sup>2</sup> ou que utilize mais de 100 m<sup>3</sup> por dia de água para fins não potáveis, façam reciclagem da água de chuva e de água servida (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas). Além disso, a fim de evitar enchentes, devem ser construídos reservatórios de retenção de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m<sup>2</sup> ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m<sup>2</sup> de área construída (TOMAZ, 2003).

Em muitos países da Europa, devido ao grande número de residências e empresas, incentiva-se a captação de água pluvial. Na Alemanha, por exemplo, cerca de 10% das residências já utilizam esta técnica (PNUD, 2006). Na cidade de Hamburgo, cerca de 60% da água tratada que era utilizada para lavagem de aeronaves e em pinturas foi substituída por água pluvial. Segundo Tomaz (2001), especialistas esperam que até o ano de 2010, de toda a água utilizada pela Europa, 15% seja proveniente da chuva. A mesma previsão aponta que, para a Alemanha, este índice chegue a 24%.

Ainda segundo Tomaz (2001), em Singapura há abundância de chuva, chegando a uma média anual de 2.370 mm. Para aproveitar esta fartura, é incentivada substituição de água potável por água pluvial, quando for possível. Lá existem cerca de 56 indústrias que, juntas, utilizam 867.000 m<sup>3</sup> por mês de água industrial, somente empregando água da chuva.

Existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de



vasos sanitários, lavagem de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos e limpeza industrial, entre outros. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações (MAY, 2004).

As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidades técnicas e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

Ainda segundo Hespanhol (2002), o aproveitamento da água da chuva adquiriu uma particular relevância, sendo inclusive mencionada na Agenda 21. Neste documento houve a recomendação de que os países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) implementem políticas de gestão dirigidas para tal.

No Brasil, até aproximadamente 20 anos atrás existiam poucas experiências de aproveitamento de água pluvial. Hoje, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ACBMAC, 2006).

No Estado de Santa Catarina, Montibeller e Schmidt (2004) realizaram um estudo do potencial de economia de água potável utilizando água pluvial para fins não potáveis em 66 municípios catarinenses. Com base em dados fornecidos pela Companhia de Abastecimento de Água do Estado, tais como população e consumo de água dos municípios e índices pluviométricos fornecidos pela Empresa de Pesquisas Agropecuárias e Extensão Rural de Santa Catarina, foi possível verificar o potencial de economia de água tratada juntamente com a análise das áreas de telhados estimados de cada município, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Como resultado, verificou-se que 86% dos municípios, o que representa 57 cidades, alcançaram um potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais superior a 50%. A média de economia de água potável obtida neste estudo para os 66 municípios catarinenses analisados foi de aproximadamente 74%.

Segundo Soares et al. (1999), a utilização da água de chuva proporciona a redução do consumo de água potável e uma melhor distribuição da carga de água de chuva imposta ao sistema de drenagem urbana. Este aproveitamento torna-se atraente nos seguintes casos:

- a) em áreas de precipitação elevada;
- b) em áreas com escassez de abastecimento;
- c) em áreas com alto custo de extração de água subterrânea.

A água da chuva tem em sua composição diversas substâncias. Em áreas urbanas ela contém, por exemplo, componentes prejudiciais ao homem tais como o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos pelos automóveis e pelas indústrias. A contaminação da água da chuva também ocorre através de impurezas localizadas nos telhados tais como fuligem e dejetos de animais. A maior contaminação se dá na primeira chuva, após um longo período de estiagem. O primeiro milímetro de chuva não deve ser utilizado, pois esta água geralmente encontra-se contaminada pelo telhado, devendo assim ser descartada (GROUP RAINDROPS, 2002).

#### 4.4.1. Qualidade da Água

A água de chuva pode ser utilizada para uso total ou parcial em uma residência. O uso total de água pluvial inclui a utilização da água para beber, cozinhar e higiene pessoal, enquanto que o uso parcial abrange aplicações específicas em pontos hidráulicos, como por exemplo, somente nos pontos de abastecimento de vasos sanitários (MANO e SCHMITT, 2004).

Normalmente, a água da chuva tem um pequeno nível de acidez. Isto é decorrente da presença natural do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera, que se dissolve nas nuvens formando um ácido fraco, o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Este ácido por sua vez torna o pH da chuva próximo a 5,6. No entanto, pH com valores inferiores a 5,6 indicam freqüentemente que a chuva encontra-se poluída com ácidos fortes como o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e, eventualmente, com outros tipos de ácidos como o clorídrico ( $\text{HCl}$ ) e os ácidos orgânicos (AMBIENTE BRASIL S/S LTDA, 2005).

Para ser considerada potável, a água da chuva deve ser purificada e sua qualidade deve atender a determinados padrões de potabilidade. O processo de purificação tem custo relativamente elevado e se justifica quando não há outra fonte para abastecimento doméstico ou quando o uso se dá em uma indústria com elevado consumo de água potável (OLIVEIRA, 2005).

Quando a água é utilizada em fins não potáveis como descargas de banheiros, rega de plantas e lavação de pisos e carros, não é necessário um tratamento com alta eficiência, e sim apenas uma filtragem para reter as partículas em suspensão e os sólidos grosseiros. Se a água da chuva for usada para fins potáveis, além da filtragem, a mesma deve passar pelo processo de desinfecção (cloração) (GROUP RAINDROPS, 2002).

A qualidade da água varia conforme a utilidade que se dá à mesma. Quanto mais nobre é este uso, maior a exigência quanto à qualidade. Segundo Group Raindrops (2002), é possível separar o uso da água em quatro grupos distintos, bem como especificar a necessidade de tratamento requerida para a mesma, no caso de ser utilizada a chuva de zonas não muito industrializadas como manancial. A Tabela 11 a seguir apresenta diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme seu uso.

Tabela 11: Níveis de qualidade para uso de água da chuva.

Uso da Água da Chuva	Tratamento da Água
Rega de jardins	Não é necessário.
Irigadores, combate a incêndio	É necessário para manter os equipamentos em boas condições
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de pisos	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Piscina, banho, para beber e para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002).

A qualidade da água da chuva depende muito do local onde é coletada. A Tabela 12 apresenta variações da qualidade da água pluvial em função do local de sua coleta.

Tabela 12: Variações da qualidade da água de chuva devido ao local coletado.

<b>Grau de purificação</b>	<b>Área de coleta de chuva</b>	<b>Observações</b>
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Fonte: Group Raindrops (2002).

Maestri (2003) cita que a região do Brasil que vai do Estado do Espírito Santo ao Rio Grande do Sul tem grande potencial para ocorrência de chuvas ácidas (pH menor que 5,6). Logo, a água de chuva desta região deve ser utilizada para fins não potáveis, principalmente nas áreas industriais, onde há maior poluição atmosférica. A água da chuva para ser potável deve ter pH entre 5,6 e 8,6 (GROUP RAINDROPS, 2002).

Em Helsinque, capital da Finlândia, foi realizada uma pesquisa sobre qualidade da água da chuva no período de junho de 1997 a junho de 1998. No respectivo estudo, as amostras de precipitação foram coletadas diariamente e tiveram seus parâmetros físico-químicos analisados, que podem ser verificados na Tabela 13, a seguir.

Tabela 13: Parâmetros físico-químicos obtidos no experimento na Finlândia.

<b>Parâmetros</b>	<b>Água de Chuva</b>
pH	4,2 – 5,3
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	3,6 - 37
Cl (mg/l)	0,02 – 0,77
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0,07 – 0,68
SO <sub>4</sub> -S (mg/l)	0,09 – 1,3
Na (mg/l)	0,02 – 0,51
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0,11 – 1,6
K (mg/l)	0,03 – 0,09
Mg (mg/l)	0,01 – 0,13
Ca (mg/l)	0,07 – 0,4

Fonte: Adaptado de Vuokko et al (2000).

Segundo Brown et al. (2005), o fluxo inicial de água de chuva é considerado impróprio para ser utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial, por conter poeira, folhas, insetos, fezes de animais, pesticidas, além de outros resíduos e poluentes transportados por via aérea. Este volume a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. Outras variáveis a serem consideradas são a inclinação e as superfícies dos telhados, a intensidade das chuvas

e o período de tempo que ocorrem. Além disso, salienta-se que não há nenhum cálculo exato para definir o volume inicial de água pluvial que necessita ser desviado, em função das variáveis que determinam a eficácia da lavagem das áreas de captação.

#### *4.4.2. Normas para Aproveitamento de Água da Chuva*

Os requisitos para o aproveitamento de água da chuva são listados a seguir:

- a) NBR 15527:2007: sobre aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis;
- b) NBR 5626:1998: estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria;
- c) NBR 10844:1989: sobre instalações prediais de águas pluviais;
- d) Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde norma de qualidade da água para consumo humano.

#### *4.4.3. Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais*

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva consiste, de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de descarte de sólidos (como folhas e detritos). Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas de chuva. Após passar pelo dispositivo de descarte de sólidos, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), que não é a melhor solução, pois dificulta a detecção de vazamentos, e bombeada a um segundo reservatório (elevado), de onde é distribuída para os pontos de consumo não potáveis.

Para se dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde o sistema será instalado como (HANSEN,1996):

- a) a precipitação diária;
- b) a área de captação;
- c) a eficácia dos dispositivos de descarte;
- d) dados de consumo diário de água por habitante;
- e) número de habitantes na residência;
- f) o uso que será dado ao aproveitamento da água da chuva.

Em áreas para captação de água de chuva, comumente utiliza-se materiais como: telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfícies de concreto, cerâmicas, policarbonato e fibra de vidro. As calhas também devem ser fabricadas com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos, evitando assim, que partículas tóxicas provenientes destes dispositivos venham a ser levadas para os tanques de armazenagem (NETTO, 1998).

O dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água da chuva compreende as seguintes etapas:

- a) determinação da área de contribuição dos telhados;
- b) dimensionamento dos reservatórios;
- c) dispositivos de tratamento e proteção sanitária da água de chuva;
- d) dimensionamento das instalações hidro-sanitárias.

### *Captação da Água da Chuva no Telhado*

A água que cai em um telhado é coletada através de calhas, flui através de condutores e segue até um reservatório. A primeira chuva pode ser descartada através da instalação de um recipiente antes da entrada no reservatório de acumulação de água da chuva. Desta forma, é possível o descarte de impurezas que estavam no telhado. Este tubo deve ter em sua extremidade um pequeno orifício para drenar a água acumulada entre uma chuva e outra. Também se faz necessário uma manutenção periódica para retirada de detritos retidos no interior do dispositivo (OLIVEIRA, 2005).

Outra maneira de desviar a água de chuva dos primeiros escoamentos é através de uma válvula que opera em função do nível da água. Quando a chuva inicia, a válvula está aberta e desvia o fluxo para um reservatório de pequeno volume. Quando a água atinge um certo nível a válvula é fechada e a água passa então para o reservatório de acumulação. Ao cessar a chuva, o reservatório que serviu para descarte da primeira chuva é esvaziado através de pequenos orifícios. À medida que o reservatório vai sendo esvaziado, a válvula vai se abrindo novamente e o sistema está pronto para uma nova chuva (OLIVEIRA, 2005).

Na determinação da quantidade de água de chuva a ser coletada deve-se levar em consideração as perdas durante o processo. Isto porque uma parte da água é utilizada para a limpeza dos telhados, calhas e tubulações e por isso é desprezada. Netto (1991) salienta que esta perda pode chegar a 50% do volume da água da chuva. Para fins de projeto, recomenda-se o valor da perda como sendo de 30%. Já para Maestri (2003), o valor a ser utilizado para este parâmetro é de 20%, uma vez que não há estudos conclusivos sobre o coeficiente de aproveitamento da água da chuva.

### *Armazenamento*

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água de chuva é o reservatório de acumulação, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios (ELETROSUL, 2004):

- a) custos totais de implantação;
- b) demanda de água;
- c) áreas de captação;
- d) regime pluviométrico;
- e) confiabilidade requerida para o sistema;
- f) distribuição temporal anual das chuvas.

Em um sistema de aproveitamento de água da chuva geralmente são utilizados dois reservatórios: um inferior para acumulação de águas pluviais e outro superior para receber a água

bombeada por um sistema motor-bomba. Do reservatório superior a água é distribuída para os diversos pontos de consumo. Em geral, entre o reservatório superior e o barrilete do reservatório de água potável existe um sistema de “by-pass” que suprirá a falta de água da chuva com água potável (OLIVEIRA, 2005).

Em geral, o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de água de chuva. Desta forma, para não tornar a implantação do sistema inviável, deve-se ter cuidado para um correto dimensionamento do reservatório. Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem (MAY, 2004).

A escolha do local para a construção do reservatório de captação deverá atender aos seguintes requisitos (PROECO, 2004):

- a) o reservatório deve ser construído em lugar baixo, podendo receber por gravidade a água escoada de todos os lados do telhado;
- b) o solo de apoio deve ser de preferência arenoso ou composto de material resistente;
- c) deve-se procurar um local afastado de árvores ou arbustos cujas raízes possam provocar rachaduras na parede do reservatório;
- d) para se prevenir o perigo de contaminação da água armazenada, o reservatório deve ser implantado a pelo menos 10 a 15 metros de distância de fossas, latrinas, currais e depósitos de lixo.

Os materiais geralmente utilizados para construção de reservatório são concreto, madeira, fibra de vidro, aço inoxidável e polietileno. Previamente à escolha do material adequado deve-se verificar a finalidade do uso da água. A durabilidade, a segurança e o baixo custo também são critérios que devem ser analisados para a escolha do tipo de reservatório a ser implantado no sistema de aproveitamento de água pluvial (MARINOSKI, 2007).

Para fins de projeto, o volume de água de chuva que pode ser coletado é calculado através da equação a seguir:

$$V = A_c \times P \times C_c$$

onde:

V = volume de água coletado (m<sup>3</sup>/mês);

A<sub>c</sub> = área de contribuição do telhado (m<sup>2</sup>);

P = precipitação média anual do município (mm/ano);

C<sub>c</sub> = coeficiente de aproveitamento (%).

Em relação ao volume, normalmente há uma tendência de se considerar que quanto maior o reservatório, maior será a porcentagem de chuva precipitada que se pode aproveitar. Mas na prática isto não acontece. A partir de aproximadamente 70% de aproveitamento, mesmo que a capacidade do reservatório seja acrescida em 50%, o coeficiente de aproveitamento sobe apenas 5% a 10%, não justificando assim o investimento (GROUP RAINDROPS, 2002).

#### 4.5. Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento sustentável pode ser considerado como o conjunto dos hábitos inseridos em processos que suprem as necessidades da humanidade atual, porém, estes sendo executados sem afetar as futuras gerações.

Para ser alcançado, o desenvolvimento sustentável depende de planejamento e do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos. Esse conceito representou uma nova forma de desenvolvimento econômico, que leva em conta o meio ambiente.

Segundo Marcuse (1970 apud SANTOS, 1994), hoje a humanidade tem a capacidade de transformar o mundo em um inferno e está em caminho de fazê-lo. Mas também pode-se fazer exatamente o contrário.

De acordo com Leis (1999), Maurice Strong, Secretário-Geral da Estocolmo-72, foi quem usou pela primeira vez, em 1973, o termo eco-desenvolvimento para definir uma proposta de desenvolvimento ecologicamente orientado, capaz de dar impulso ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, recém-criado. Porém, foi Ignacy Sachs quem elaborou, logo após, os princípios básicos desse conceito, em um artigo considerado clássico.

Na visão de Mattar (apud TRIGUEIRO, 2005), consome-se 20% a mais do que a terra consegue sustentar. E mais do que isso, se toda a população do mundo consumisse como os norte americanos e europeus, que tem o padrão mais alto de consumo, hoje seriam necessários quatro planetas Terra.

Existe na Torre Sustentável, objeto deste trabalho (ver descrição no item 5.2), um aquecedor de água solar acoplado ao sistema de aproveitamento de água da chuva. Assim, o projeto como um todo é ambientalmente correto, gerando economia na utilização da água da rede pública e um menor consumo de energia elétrica.

##### 4.5.1. Energias Renováveis

Oriundas de fontes naturais e capazes de se regenerar e, portanto virtualmente inesgotáveis, as energias renováveis são apreciadas pela imensa quantidade de energia nelas contidas e por ser uma alternativa ambientalmente menos impactante do que a energia provinda de fontes não renováveis.

A energia não renovável é obtida dos combustíveis fósseis, que necessitam de milhares de anos para sua formação, sendo, portanto esgotáveis. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2003), as fontes de energia renováveis são:

- a) a bioenergia (biomassa e biogás);
- b) energia solar fotovoltaica;
- c) energia termo-solar;
- d) energia solar passiva;
- e) energia eólica;
- f) energia geotérmica;
- g) energia hidráulica (hidrelétricas);
- h) energia mareomotriz.

#### *4.5.2. Energia Solar*

É o tipo de energia originada da captação de energia luminosa do Sol, para posteriormente transformar essa energia captada utilizável para o ser humano, seja para aquecimento de água, energia elétrica ou mecânica.

A energia solar é abundante e permanente, renovável a cada dia, não polui e nem prejudica o ecossistema. A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em qualquer parte do território (AMBIENTE BRASIL S/S LTDA, 2005).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2003), as aplicações práticas da energia solar podem ser divididas em dois grupos: energia solar fotovoltaica, e a energia térmica. As vantagens da energia solar ficam evidentes quando os custos ambientais de extração, geração, transmissão, distribuição e uso final de fontes fósseis de energia são comparadas à geração por fontes renováveis, como elas são classificadas.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2002), quase todas as fontes de energia - hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos - são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluídos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica, podendo ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

Ainda segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2002), o aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2002), o aproveitamento térmico para aquecimento de fluídos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais, dentre outros.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste último caso, pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador.

A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de obtenção de energia, como:

- a) não ser poluente;
- b) não influir no efeito estufa;
- c) não precisar de turbinas ou geradores para a produção de energia elétrica.

Mas tem como desvantagem a exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento.

#### *4.5.3. Coletor Solar*

A radiação solar pode ser absorvida por coletores solares, principalmente para aquecimento de água, a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100°C). O uso dessa tecnologia ocorre predominante no setor residencial, mas há demanda significativa e aplicações em outros setores, como



edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes, hotéis e similares. Esse sistema de aproveitamento térmico da energia solar, também denominado aquecimento solar ativo, envolve o uso de um coletor solar discreto. O coletor é instalado normalmente no teto das residências e edificações. Devido à baixa densidade da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, o atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores. Para o suprimento de água quente de uma residência típica (três ou quatro moradores), são necessários cerca de 4 m<sup>2</sup> de coletor (ANEEL, 2002).

Um sistema básico de aquecimento de água por energia solar é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (boiler). As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. O calor do sol, captado pelas placas do aquecedor solar, é transferido para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre (SOLETROL, 2009).

O reservatório térmico, também conhecido por boiler, é um recipiente para armazenamento da água aquecida. São cilindros de cobre, inox ou polipropileno, isolados termicamente com poliuretano expandido. Desta forma, a água é conservada aquecida para consumo posterior. A caixa de água fria alimenta o reservatório térmico do aquecedor solar, mantendo-o sempre cheio. Em sistemas convencionais, a água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termo-sifão. Nesse sistema, a água dos coletores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Assim a água fria “empurra” a água quente gerando a circulação. Esses sistemas são chamados de circulação natural ou termo-sifão (SOLETROL, 2009).

A circulação da água também pode ser feita através de moto-bombas em um processo chamado de circulação forçada ou bombeado, e são normalmente utilizados em piscinas e sistemas de grandes volumes.

### *O Coletor*

Quando os raios do sol atravessam o vidro da tampa do coletor solar, eles esquentam as aletas que são feitas de cobre ou alumínio e pintadas com uma tinta especial e escura que ajuda na absorção máxima da radiação solar. O calor passa então das aletas para os tubos (serpentina) que geralmente são de cobre. Daí a água que está dentro da serpentina esquentada e vai direto para o reservatório do aquecedor solar (SOLETROL, 2009).

Os coletores são fabricados com cobre e o alumínio, recebendo um cuidadoso isolamento térmico e ainda vedação com borracha de silicone. Eles têm cobertura de vidro liso e são instalados sobre telhados ou lajes, sempre o mais próximo possível do reservatório térmico. O número de coletores a ser usado numa instalação depende do tamanho do reservatório térmico, mas pode também variar de acordo com o nível de insolação de uma região ou até mesmo de acordo com as condições de instalação (SOLETROL, 2009).

A figura a seguir apresenta uma breve explicação do sistema.



a casa recebe visitas e o número de banhos fica acima do dimensionamento inicial, o sistema auxiliar - que pode ser elétrico ou a gás - entra em ação (SOLETROL, 2009).

#### *4.5.4. Radiação Solar*

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, dentre outros), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução).

Somente uma parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (ANEEL, 2002).

#### *4.5.5. Panorama Energético Solar no Brasil*

Atualmente, o Ministério de Minas e Energia desenvolve vários projetos para o aproveitamento da energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, visando ao atendimento de comunidades rurais e/ou isoladas da rede de energia elétrica e ao desenvolvimento regional.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2003), esses projetos atuam basicamente com quatro tipos de sistemas:

- a) bombeamento de água para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura;
- b) iluminação pública;
- c) sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários;
- d) atendimento domiciliar, estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água.

Conforme dados do relatório “Um Banho de Sol para o Brasil” do Instituto Vitae Civilis, o Brasil, por sua localização e extensão territorial, recebe energia solar da ordem de 1.013 MWh anuais, o que corresponde a cerca de 50 mil vezes o seu consumo anual de eletricidade. Apesar disso, possui poucos equipamentos de conversão de energia solar em outros tipos de energia, que poderiam estar operando e contribuindo para diminuir a pressão para construção de barragens para hidrelétricas, queima de combustíveis fósseis, desmatamentos para produção de lenha e construção de usinas atômicas (MMA, 2003).

Para o Ministério do Meio Ambiente (2003), no Brasil, entre os esforços mais recentes e efetivos de avaliação da disponibilidade de radiação solar, destacam-se os seguintes:

- a) Atlas Solarimétrico do Brasil: iniciativa da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), em parceria com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB);
- b) Atlas de Irradiação Solar no Brasil: elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pelo Laboratório de Energia Solar (LabSOLAR) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Os resultados destes trabalhos mostram que a radiação solar no país varia de 8 a 22 MJ/m<sup>2</sup> durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, quando a radiação varia entre 8 e 18 MJ/m<sup>2</sup>. Ainda de acordo com os dados do estudo, o Nordeste brasileiro é a região de maior radiação solar, com média anual comparável às melhores regiões do mundo, como a cidade de Dongola, no deserto do Sudão, e a região de Dagget, no Deserto de Mojave, Califórnia, EUA (MMA, 2003).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. O Local do Projeto

O Projeto Torre Sustentável localiza-se em Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, a seguir apresenta-se uma caracterização do clima do município e da residência na qual realiza-se o projeto.

#### 5.1.1. *Clima*

Florianópolis apresenta as características climáticas inerentes ao litoral sul brasileiro. As estações do ano são bem caracterizadas, verão e inverno bem definidos, sendo o outono e primavera de características semelhantes. A precipitação é bastante significativa e bem distribuída durante o ano. A normal anual para o período de 1921-1986 foi de 1.523 mm. Não existe uma estação seca, sendo o verão geralmente a estação que apresenta o maior índice pluviométrico. Elevadas precipitações ocorrem de janeiro a março, com média de 160 mm mensais, sendo que de abril a dezembro há pouca variação, com uma média em torno de 100 mm mensais. Os valores mais baixos ocorrem de junho a agosto (IPUF, 2008).

A média anual da temperatura no período de 1923-1986 foi de 20,4 °C. Fevereiro, mês mais quente, apresenta uma média mensal de 24,5 °C e julho, mês mais frio, 16,4 °C. A média das máximas do mês mais quente varia de 28 a 31°C e a média das mínimas do mês mais frio, de 7,5 a 12 °C (IPUF, 2008).

A umidade relativa do ar é alta e sua média anual 82%. A insolação apresenta o valor médio anual de 2.025,6 horas, representando 46% do total possível, o que permite dizer que mais da metade do ano o sol permanece encoberto. As taxas médias anuais de evaporação são de 1.019 mm. O mês de dezembro com 106,7 mm e junho com 64,8 mm (IPUF, 2008).

Segundo os critérios de Köppen, a classificação climática da região de Florianópolis é do tipo Cfa, situada em zona intermediária subtropical, pertencente ao grupo mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano.

A Figura 2 a seguir, apresenta destacado em vermelho a localização do município de Florianópolis no Estado de Santa Catarina, região sul do Brasil.

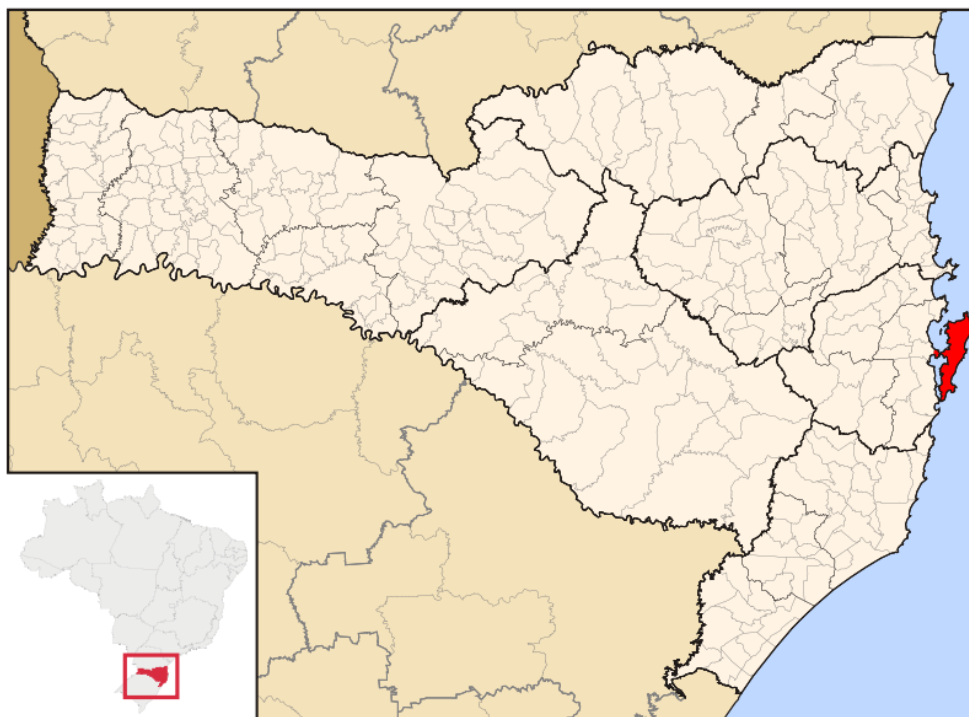


Figura 2: Localização geográfica do município de Florianópolis.

*Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007).*

### 5.1.2. Residência em Estudo

A Torre Sustentável está localizada em uma residência na comunidade de baixa renda Mont Serrat, conhecido como “Morro da Caixa”, do Maciço do Morro da Cruz, na parte insular, no bairro Centro em Florianópolis. Foi escolhido este local, pois o mesmo se enquadra em um dos programas habitacionais executados pela COHAB-SC, o Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social (PSH), que destina-se a melhoria das habitações uni familiar da população com renda familiar de 1 a 3 salários mínimos. O objetivo desse programa é manter as pessoas no local em que residem, ao invés de deslocá-las para um conjunto habitacional.

O projeto está sendo realizado em uma residência habitada por um casal na faixa etária de 30 anos. O sistema possui um reservatório de água da chuva com capacidade para 3.600 litros, projetado para atender a demanda de água não potável de uma residência com 4 habitantes por um período de 17 dias sem chuva. Este tempo foi calculado pelo método de Gumbel, que corresponde para Florianópolis, a um período de retorno sem chuvas de 1,6 anos. Este valor equivale para a família a um consumo diário de aproximadamente 210 litros. Assim, parte da capacidade de armazenamento de água da torre acaba não entrando em operação, deixando o sistema sub-utilizado devido ao baixo número de moradores na residência. A figura a seguir ilustra a residência na qual foi implantada a Torre Sustentável.



Figura 3: Residência onde foi instalada a Torre Sustentável.

Nota-se na

, que a residência em estudo tem pequenas dimensões, suas 4 paredes formam um quadrado com lados de 5,05 metros, sendo a fachada da casa exposta na figura acima. Observa-se na parte esquerda da foto a localização da Torre Sustentável e o posicionamento da placa solar na mesma. A torre, somada ao tanque de lavar roupa acoplado a ela, ocupam apenas 1,90 m<sup>2</sup> do terreno da residência.

## 5.2. Descrição do Projeto Torre Sustentável

Através de uma parceria entre a COHAB de Santa Catarina, e o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina, foi desenvolvido o Projeto Torre Sustentável. Este projeto incorpora conceitos de sustentabilidade relativos à eficiência energética e aproveitamento de água de chuva nos projetos de habitações mínimas da COHAB-SC. Desenvolveu-se um produto apropriado, principalmente, para habitações de baixa renda que poderia ser utilizado tanto para novas como para habitações já existentes. A torre sustentável tem múltiplos usos, e é composta por: reservatório elevado de água de abastecimento potável, coletor solar para aquecimento de água de banho e, um sistema de aproveitamento de água de chuva.

O projeto já recebeu algumas premiações devido a seu caráter inovador e à tecnologia sustentável aplicada nele.

- a) Em outubro de 2008 recebeu a premiação de Bronze na região latino-americana no Holcim Awards for Sustainable Construction. O prêmio é outorgado pela Holcim Foundation for Sustainable Construction. A fundação promove soluções sustentáveis de construção civil e obras públicas em nível regional e global.
- b) A Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina (COHAB/SC) recebeu o Selo de Mérito 2008 da Associação Brasileira de COHABS (ABC) por este projeto. A solenidade foi durante a realização do 56º Fórum Nacional de Habitação de Interesse Social, tendo como local o Jockey Club, em São Paulo.
- c) O projeto também foi escolhido em maio de 2008 para participar da Mostra de Tecnologias sustentáveis em São Paulo, promovido pelo Instituto Ethos.

Segundo estudos do LabEEE (2009), no setor residencial, o aquecimento de água através do chuveiro elétrico, representa em média 24% do consumo de energia do país. O aquecimento solar de água nas residências resultaria em um significativo aumento da renda familiar e economia de recursos naturais. Ainda sobre desperdícios e desigualdades, no Brasil 20% da população não tem acesso à água potável, sendo que aproximadamente 48% do consumo residencial é gasto para fins não potáveis, para o qual, a água da chuva de captação direta poderia ser uma solução viável para muitos locais.

O abastecimento de água também apresenta comumente descontinuidade nas cidades brasileiras e Florianópolis não foge à regra, fato que torna necessário o uso de caixas d'água potável para seu armazenamento. Em casas de baixa renda munidos de projetos pouco profissionais, a caixa d'água é disposta internamente à casa sob o telhado, muitas vezes sub-dimensionadas, apresentando desconforto devido à baixa pressão pela pouca altura, dificultando o acesso à manutenção, e causando prejuízos na ocorrência de eventuais vazamentos quando não são bem vedadas, podendo assim ver-se comprometida a qualidade da água.

Esta situação tem levado a população a construir estruturas improvisadas externas à casa. Sem o correto dimensionamento estrutural e com falta de segurança, tubulações externas e aparentes ao sol, gerando desgaste pelos raios ultravioletas. Isto pode apresentar comprometimento da água pela possível falta de vedação e aquecimento excessivo. Quando exposto ao Sol, o reservatório, que na maioria das vezes é de fibra de vidro, pode ter sua vida útil comprometida e a qualidade da água afetada. Isto cria também um comprometimento estético das residências

A seguir encontram-se nas figuras 4 a 7 algumas fotografias tiradas de caixas d'água típicas em residências de baixa renda no Brasil. As imagens foram fotografadas em outubro de 2009 na comunidade Mont Serrat em Florianópolis, ou seja, em residências vizinhas ao local onde se encontra a Torre Sustentável com o objetivo de expor o contraste da residência com o projeto da torre em relação à sua vizinhança. Em todos os casos as caixas se encontram expostas diretamente ao Sol e às intempéries, geralmente encontram-se apoiadas em estruturas fracas e inseguras que buscam adicionar pressão à água.





Figura 4: Caixa d'água disposta sobre uma estrutura de madeira grosseira



Figura 5: Caixa d'água disposta sobre uma estrutura ao lado da residência.



Figura 6: Caixas d'água localizadas sobre residências expostas às intempéries.



Figura 7: Exemplo de uma forma rude de instalação de uma caixa d'água.

A Torre Sustentável apresenta soluções relativas à água da chuva, água potável e aquecimento de água. A água potável abastece a pia da cozinha, que também é usada como lavatório, e a ducha. O sistema de aquecimento de água abastece exclusivamente a ducha, e a água de chuva é usada para o vaso sanitário, tanque de lavar roupa acoplado à torre, máquina de lavar roupa e torneira do jardim.

O projeto baseia-se na captação da água da chuva que precipita sobre o telhado da residência, e essa água escoar por gravidade para as calhas laterais que são canalizadas para o reservatório de água da chuva dentro da torre. Além disso, a água potável é aquecida através do sistema de aquecimento solar conectado à torre.

O telhado tem uma área de captação de aproximadamente 44 m<sup>2</sup>, e toda a água que é direcionada ao reservatório passa primeiramente por um dispositivo primário de descarte de sólidos grosseiros, localizado na própria calha, e depois por outro dispositivo de desvio das primeiras chuvas. O objetivo deste é desviar o primeiro milímetro de água da chuva, pois considera-se que este contém impurezas adquiridas ao longo da passagem pelo ar e ao entrar em contato com o telhado.

A Figura 8, a seguir, ilustra o dispositivo de descarte de sólidos.



Figura 8: Dispositivo de retenção de sólidos grosseiros localizado na calha.

A proposta da torre é reunir em um só componente soluções relativas à eficiência energética e uso racional da água para melhoria das habitações de baixa renda. Este conceito em si tem um grande potencial de transferência em relação aos usos (habitações novas e existentes de baixa e média renda, escolas, habitações multifamiliares); em relação ao meio (urbano, favelas, rural); em relação a vários materiais possíveis de utilização (cimento, pedra, aço); e em relação à técnicas construtivas (autoconstrução, industrialização). Na figura a seguir encontra-se uma foto da torre tirada em outubro de 2009.



Figura 9: Vista frontal da Torre Sustentável.

O modelo apresentado pela Torre Sustentável para habitações de baixa renda possui enorme potencial de multiplicação, já que pode ser usado, com poucas variações, para todo o país nos locais em que apresente índices pluviométricos adequados. Neste sentido, é bastante importante a parceria com a COHAB por sua abrangência de atuação como órgão estatal em diversas regiões do Brasil.

Entre as adaptações possíveis, pode ser alterado o volume da cisterna através dos anéis modulares dependendo da necessidade de armazenamento e do regime pluviométrico do local. Também pode ser dispensado o uso do painel solar (para região norte e nordeste do Brasil). O painel é adaptável à latitude do local através do sistema de fixação, com o qual é regulada a inclinação para ter-se um maior aproveitamento do sol durante todo o ano, aumentando assim a eficiência do sistema. Na Figura 10 a seguir encontra-se uma ilustração da torre e seus componentes.



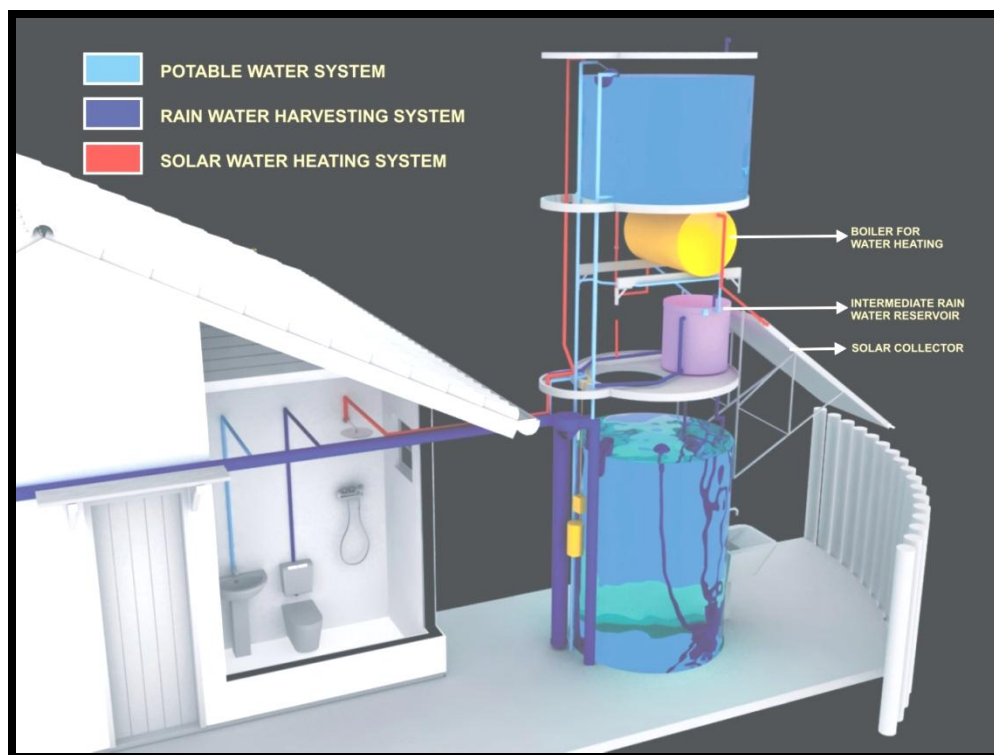


Figura 10: Representação dos componentes internos da Torre Sustentável.

*Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2009).*

Observa-se claramente na Figura 10 a disposição dos equipamentos da torre e suas conexões com alguns de seus pontos de uso dentro da residência. Na parte mais alta da estrutura encontra-se o reservatório de água potável e na parte mais baixa dela localiza-se a cisterna que armazena a água da chuva, com maiores dimensões que o anterior.

A parte intermediária da torre tem espaço para a entrada de uma pessoa e funciona como local de manutenção do sistema, o cilindro representado em amarelo é o boiler para o aquecimento da água potável, ele está conectado à placa solar que fica disposta externamente à torre. Já o cilindro roxo, também localizado na parte média da Torre Sustentável, é o reservatório intermediário de água da chuva, a água da chuva é bombeada da cisterna para este reservatório com o intuito de dar mais pressão à água antes dela ser utilizada na residência.

Nota-se ainda na Figura 10 que as tubulações em vermelho representam o caminho percorrido pela água potável quente, esquentada graças ao sistema de aquecimento solar. As tubulações em azul claro representam o caminho da água potável, e as tubulações em azul escuro representam o caminho da água da chuva no sistema.

Percebe-se ainda na figura a localização de outros dispositivos do sistema como a colocação das bóias que indicam o nível de água dos reservatórios, sendo este o mecanismo de acionamento da bomba de recalque ali localizada. Nos itens a seguir são descritos os componentes da Torre Sustentável com mais detalhes.

### 5.2.1. Reservatório Elevado de Água Potável

A Figura 11 apresenta uma ilustração da torre, o que facilita a compreensão do funcionamento do reservatório elevado de água potável através de sua visualização.

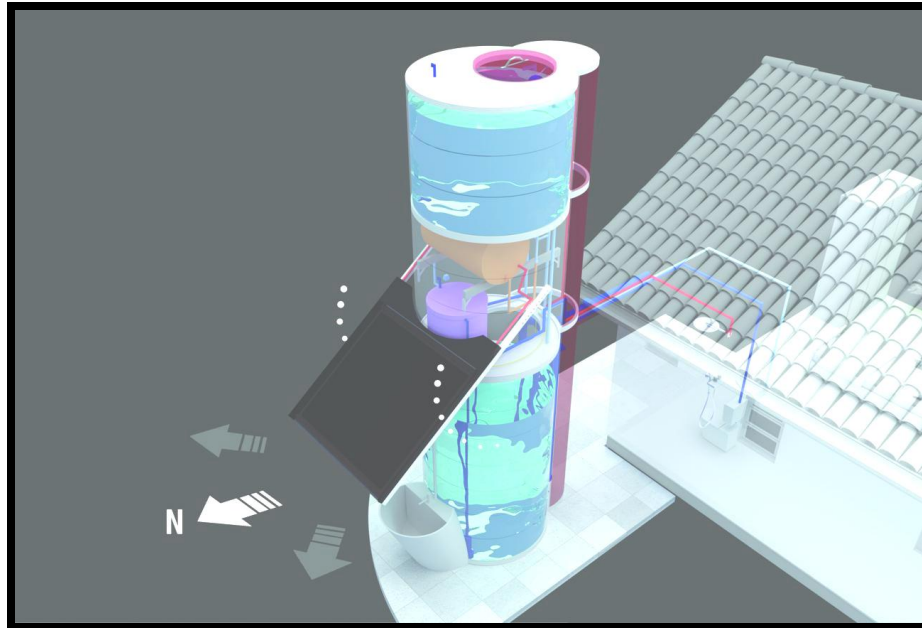


Figura 11: Ilustração dos reservatórios de água da torre.

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2009).

Observa-se na Figura 11 acima a disposição do reservatório elevado de água potável. Esta caixa d'água foi projetada com capacidade para duas vezes o consumo de uma família de 4 pessoas diário (1.000L), compensando a descontinuidade do abastecimento de água pela companhia de abastecimento, através de um volume maior do que adotado normalmente. Ao aumentar-se a altura da caixa é aumentada a pressão nos pontos de consumo da casa.

A água da rede (CASAN) que abastece a casa é encaminhada diretamente para este reservatório, e dali esta água é direcionada para seus pontos de uso que são a ducha, e a pia da cozinha. Não existe na residência em estudo uma pia no banheiro, portanto os dois pontos citados são os únicos pontos de saída de água potável na casa.

O reservatório de água potável (superior) encaminha água para o boiler, que encontra-se constantemente em processo de troca de calor com a placa solar, na parte central da torre, e esta água aquecida é encaminhada para o chuveiro. A água deste reservatório que não passa por aquecimento é usada na pia em sua temperatura ambiente.

### 5.2.2. Sistema de Aquecimento Solar

Este sistema é composto por um reservatório de água quente com capacidade para 160 litros (considerou-se 40 litros por pessoa por dia), mas pode ser ampliado e funciona por termo-sifão. Nesse

sistema, a água do coletor fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Assim a água fria “empurra” a água quente gerando a circulação.

A vantagem deste sistema em relação aos convencionais está na facilidade de instalação com direcionamento e inclinação do coletor solar para adotá-lo na sua eficiência máxima, podendo desta forma ser usado em vários locais do país.

O sistema de aquecimento solar projetado consta do reservatório de 160 litros e um painel solar de 2,25 m<sup>2</sup>, que pode atender segundo estudos do LabEEE a uma fração solar de até 70% do consumo necessário de água quente na residência. O eventual aquecimento complementar é realizado no próprio ponto de consumo, ou seja, o chuveiro elétrico continua conectado na saída de água da ducha, mas o mesmo só é ligado quando o aquecimento solar da água não é suficiente para as necessidades da família. Assim os dois sistemas funcionam em conjunto aquecendo a água para o banho.

Nota-se ainda na Figura 12, a seguir, o posicionamento do painel solar junto da torre. Este painel pode sofrer adaptações em sua inclinação, para que o mesmo tenha uma melhor eficiência na captação dos raios solares de acordo com a latitude e o micro-clima em que ele se encontra. Além disso, o painel atua como uma cobertura para o tanque de lavar roupa, protegendo do sol ou da chuva a pessoa que estiver utilizando o tanque.

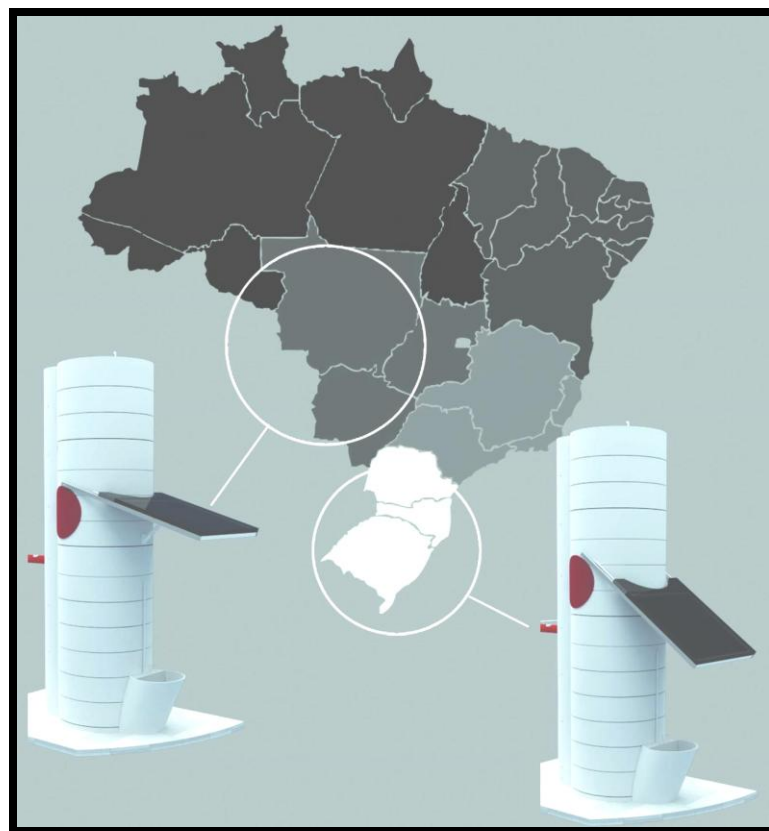


Figura 12: Representação das inclinações da placa solar.

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2009).

A Figura 13 apresenta o boiler utilizado na residência para o aquecimento da água. Esta fotografia foi tirada de dentro na torre, na parte intermediária, que tem a finalidade de proporcionar um fácil acesso aos equipamentos e fazer a manutenção do sistema.



Figura 13: Boiler da Torre Sustentável

#### *5.2.3. Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva*

Esta parte do sistema possui um reservatório com capacidade para 3.600 litros, projetado para atender a demanda de água não potável da residência de 4 moradores, que corresponde a aproximadamente 210 l/dia equivalendo as necessidades de 17 dias sem chuva para Florianópolis. Este tempo foi calculado pelo método de Gumbel, que corresponde para Florianópolis, a um período de retorno sem chuvas de 1,6 anos. Compõem o sistema de aproveitamento de água de chuva:

- a) área de captação;
- b) calhas;
- c) condutores verticais e coletores horizontais;
- d) cisterna; reservatório intermediário;
- e) dispositivo de descarte de sólidos;
- f) dispositivo de desvio de água das primeiras chuvas;
- g) entrada da água de chuva pela parte inferior da cisterna e freio d'água;
- h) recalque da água da cisterna com bomba submersa;
- i) mangueira conectada a um filtro bóia;
- j) extravasor com sifão.

Existe também o reservatório intermediário de água da chuva, a água da chuva é bombeada da cisterna para este reservatório com o intuito de dar mais pressão à água antes dela ser utilizada na residência. Outros dispositivos permitem a automação do sistema sem a ocorrência de mistura entre a



água de chuva e potável, a não ser no caso em que seja necessária para suprir o consumo. As figuras 14 a 16 ilustram alguns componentes e características deste sistema na torre.

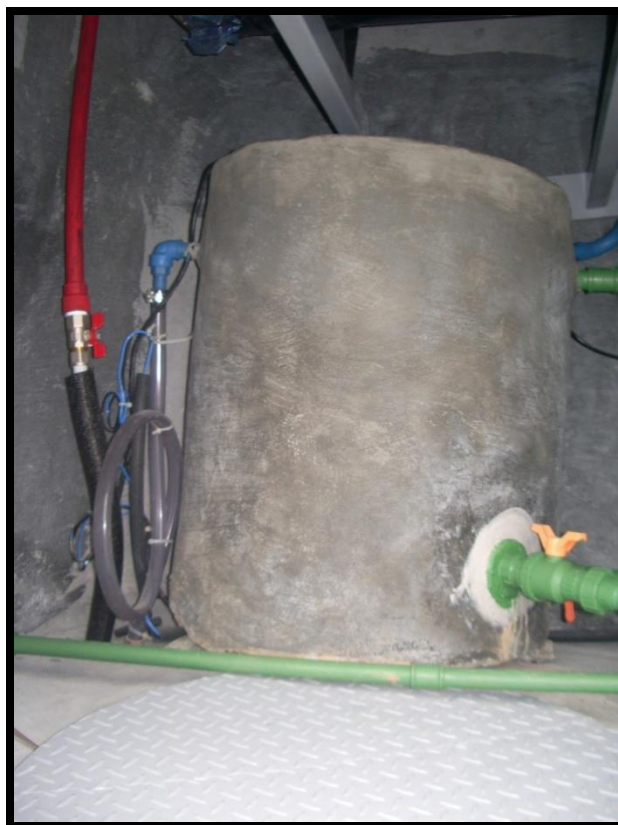


Figura 14: Reservatório intermediário elevado de água da chuva.

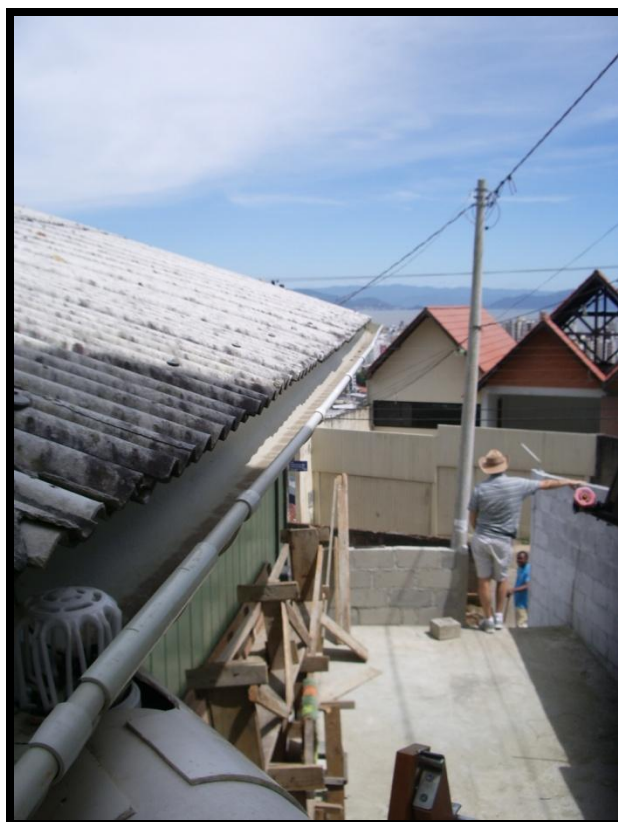


Figura 15: Calha para captação das águas precipitadas.



Figura 16: Fotografia dos fundos da residência.

### 5.2.3. Material Usado na Construção

Após estudos direcionados aos tipos de materiais que exerceriam com um bom desempenho seu papel na construção, resistência e manutenção da torre, sugere-se que a torre possa ser construída em Argamassa Armada, Ferrocimento Artesanal ou Pré-moldados de concreto armado.

A argamassa armada é constituída por elementos pré-moldados com espessura média de 3 cm. Esta foi a solução adotada no desenho da torre padrão apresentada, com formato cilíndrico, buscando não ocupar uma área muito grande do terreno da residência onde o mesmo é instalado. Este material possui pequena espessura, o que lhe permite possuir baixo peso unitário, tornando-se adequado a construções leves. É de fácil modelagem e manuseio, pois sua construção é semelhante a um “brinquedo de encaixe”. Além disso, apresenta ausência de fissuras macroscópicas quando sob impacto (UFSC, 2003).

O ferrocimento artesanal é um material que pode contribuir para o barateamento do custo desta obra, adequado para a construção de equipamentos com a ativa participação dos próprios usuários (auto-construção). Desta forma pode ser construída sem uso de formas ou andaimes.

Os pré-moldados de concreto armado precisam ser impermeabilizados e podem requerir máquinas (guindastes) para a montagem da torre, tornando os custos envolvidos na construção mais elevados.

Pode-se também utilizar pedras de ardósia, que consistem em lâminas de pedras baratas que podem ser coladas com silicone. Não apresentam boa resistência aos esforços de tração ou flexão e são de baixa dureza, mas, são impermeáveis e inertes. Apresentam boas perspectivas de uso, se o projeto estrutural da torre e dos reservatórios contemplarem reforços de armadura ou cabos de aço protendidos.

## 5.3. Monitoramento e Tarifas

### 5.3.1. Água

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) é uma empresa de capital misto, criada em 1970 e abastece com água e serviços de sistemas de saneamento básico 205 municípios catarinenses e 1 paranaense. Em Florianópolis a CASAN também está presente, e seus serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados são remunerados sob a forma de tarifa, reajustáveis periodicamente.

A tabela tarifária da CASAN é válida para todo o Estado, independente do tipo e complexidade da Estação de Tratamento de Água e do manancial de abastecimento. A tabela é estabelecida de acordo com as categorias dos usuários e suas respectivas faixas de consumo.

Houve um reajuste tarifário em fevereiro de 2008 num percentual de 7,23% mais os tributos, válido para os 206 municípios em que a empresa tem concessão no estado. A tarifa mínima residencial de água com consumo até 10 m<sup>3</sup> passou de R\$ 19,10 para R\$ 23,50 ao mês. Segundo a CASAN, os recursos provenientes do reajuste serão aplicados em investimentos nas redes de abastecimento de água e esgoto. A cobrança do esgoto também passou de 80% a 100% sobre a tarifa de água no mesmo período.

Para se estimar o consumo na residência de acordo com as tarifas cobradas pela CASAN utiliza-se a Tabela 14 a seguir.

Tabela 14: Tarifas cobradas pela CASAN em 2009.

<b>Categoria</b>	<b>Faixa</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Água R\$</b>
Residencial "A" (Social)	1	Até 10	4,40/mês
	2	11 a 25	1,2358/m <sup>3</sup>
	3	26 a 50	5,9412/m <sup>3</sup>
	4	maior que 50	7,2513/m <sup>3</sup>
Residencial "B"	1	até 10	23,50/mês
	2	11 a 25	4,3132/m <sup>3</sup>
	3	26 a 50	6,0513/m <sup>3</sup>
	4	maior que 50	7,2513/m <sup>3</sup>
	5	Tarifa Sazonal	9,0641/m <sup>3</sup>

*Fonte: Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (2009).*

Para o monitoramento do consumo de água da residência foram instalados 4 hidrômetros em diferentes pontos de tubulações com o objetivo de mensurar o consumo de acordo com sua finalidade.

A Figura 17 ilustra o tipo de hidrômetro utilizado no projeto. É um equipamento fabricado pela ACTARIS LTDA., com vazão nominal de 1,5 m<sup>3</sup>/h, com o relógio plano e diâmetro nominal de 15 mm. É constituído por 4 cilindros ciclométricos, para indicação de metros cúbicos e 2 cilindros ciclométricos e 2 ponteiros em escala circular, para indicação dos submúltiplos.



Figura 17: Hidrômetro instalado no sistema.

A partir dos hidrômetros instalados nas tubulações da residência é possível chegar-se a todos os tipos de consumo de água relevantes para a pesquisa. Os hidrômetros são descritos a seguir.

- a) Hidrômetro 1 (H1): Registra a entrada de água potável da rede pública na residência onde está instalada a Torre Sustentável. Esta água é encaminhada diretamente para o reservatório de água potável localizado na parte superior da torre;
- b) Hidrômetro 2 (H2): Registra o consumo da água fria potável na residência, ou seja, o consumo da água da rede pública que ocorreu na casa e não foi aquecida e utilizada na ducha. Esta água é consumida na pia da cozinha;
- c) Hidrômetro 3 (H3): Registra o consumo da água da chuva. Esta água encaminha-se para armazenamento na cisterna da torre. A água pluvial é consumida no vaso sanitário, na máquina de lavar roupa, no tanque e na mangueira de rega de jardim;
- d) Hidrômetro 4 (H4): Registra o consumo de água potável para fins não potáveis, ou seja, quando a água da chuva é completamente utilizada na residência, o sistema automaticamente usa a água da rede para o vaso sanitário, a máquina de lavar roupa, tanque e a mangueira de rega de jardim. Assim o sistema continua funcionando mesmo em períodos de chuvas escassez.

### *5.3.2. Energia*

As Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC), é uma sociedade de economia mista, controladora de empresas concessionárias de serviços de geração e distribuição de energia elétrica. Atualmente, sua área de atuação corresponde a quase 92% do território catarinense, além do atendimento ao município de Rio Negro, no Paraná.

A CELESC cobra o serviço prestado a seus clientes através de tarifas, que sofrem mensalmente pequenos reajustes de acordo com as alíquotas e tributos vigentes. Existem diferentes tipos de tarifas de acordo com o público alvo. Aqui será abordada apenas a tarifa para a classe residencial-monofásica, que é o padrão que se encontra na residência em estudo. Portanto, a casa não se enquadra no benefício da Tarifa Baixa Renda disponibilizada pela CELESC segundo a Resolução 246 e 485/02.

A seguir, observa-se na Tabela 15 as tarifas cobradas pela CELESC para a residência em estudo nos últimos 17 meses. Nota-se que sempre ocorrem variações no valor cobrado pelo consumo de kWh mensal.

Tabela 15: Tarifas cobradas pelas CELESC na residência em estudo.

Ano	Mês	Tarifa (R\$/kWh)
2008	Junho	0,162549
	Julho	0,361315
	Agosto	0,361136
	Setembro	0,339302
	Outubro	0,334138
	Novembro	0,333711
	Dezembro	0,333058
2009	Janeiro	0,332258
	Fevereiro	0,331942
	Março	0,332157
	Abril	0,332128
	Maio	0,330833
	Junho	0,331798
	Julho	0,331489
	Agosto	0,331887
	Setembro	0,352963
	Outubro	0,356981

*Fonte: Centrais Elétricas de Santa Catarina (2009).*

A CELESC aplica tarifas diferenciadas de acordo com a utilização da energia pelos moradores de determinada residência. Quando o consumo energético ultrapassa os 150 kWh no mês, é cobrada uma tarifa mais elevada sobre esse excedente. A Tabela 15 apresenta as variações da tarifa apenas do consumo energético abaixo dos 150 kWh. Como na residência em estudo o consumo nunca ultrapassou este valor, torna-se irrelevante para o trabalho abordar os custos envolvidos no consumo de energia elétrica acima dos 150 kWh.

Foi instalado pela CELESC em junho de 2008 um medidor do consumo de energia elétrica junto à residência em estudo. Assim, o monitoramento deste parâmetro é medido somente a partir do mês de sua instalação. A Figura 18 a seguir apresenta o aparelho usado na residência.



Figura 18: Aparelho medidor do consumo de energia.

A instalação do equipamento é de responsabilidade e cobertura financeira da CELESC. Para que a ligação possa ser feita são exigidos alguns requisitos pela empresa junto à residência, como a inexistência de débitos pendentes em outras unidades consumidoras em nome do titular e disponibilização da documentação necessária.

#### 5.4. Padrões de Potabilidade da Água

A contaminação da água pode ser definida como a adição de substâncias estranhas que deterioram sua qualidade e alteram suas características físicas e químicas. A qualidade da água se refere a sua aptidão para usos benéficos, como abastecimento, irrigação, recreação e etc. Um contaminante pode ser de origem inorgânica, como o chumbo ou mercúrio, ou orgânico, como coliformes provenientes de esgotos domésticos (TAKINO, 1984).

Em um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, a qualidade da água coletada é afetada por diversos fatores, como a fuligem presente na atmosfera, além de resíduos depositados no telhado de captação das águas pluviais, como excrementos de animais, cascas e folhas de árvores, e pequenas partículas em geral. A falta de manutenção dos reservatórios e das tubulações também pode influenciar na qualidade da água utilizada na residência.

Para o Projeto Torre Sustentável foram feitas análises de alguns parâmetros de potabilidade de acordo com Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004. Esta estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade com base nas exigências da OMS (Organização Mundial de Saúde).

A amostra foi coletada no dia 16 de novembro de 2009 na residência em estudo, mais precisamente da mangueira de rega de jardim. Estas águas liberadas na mangueira provem diretamente da cisterna de 3.600 litros da Torre Sustentável, e foram armazenadas, após diversas lavagens, em uma garrafa PET de 2 litros.

As análises foram feitas também no dia 16 de novembro de 2009 no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), que encontra-se no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no prédio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), piso térreo. As análises foram permitidas pela Professora Doutora Rejane Helena Ribeiro da Costa, e os procedimentos laboratoriais foram auxiliados por um acadêmico bolsista do LIMA.

Foram analisados os seguintes parâmetros:

- a) coliformes totais;
- b) coliformes fecais;
- c) pH;
- d) turbidez;
- e) cor;
- f) dureza.

Para cada parâmetro foram feitas no mínimo 3 análises e depois foram calculadas suas médias aritméticas para a obtenção de resultados mais confiáveis. Foram avaliados apenas os parâmetros previamente citados, pois estes são comumente considerados como os mais relevantes em estudos de aproveitamento de águas pluviais, além da conveniência e praticidade de suas análises no laboratório.

## 5.5. Custo de Implantação do Sistema

No modelo em desenvolvimento de autoconstrução, o custo final, contando com mão de obra paga e um sistema de aquecimento industrializado, se encontra em torno de R\$ 6.500,00. Deste valor, o sistema de aquecimento solar responde por 17.28% (R\$ 1.123,20) e a mão de obra a 17.57% (R\$ 1.142,05), o que significa 34.85% (R\$ 2.265,25) do valor final.

Assim, para autoconstrução poderia ser pensado no uso de mão de obra local e comprar o coletor solar de um fornecedor com preços mais competitivos, o que reduziria em torno de 30% o valor da torre; ficando o valor final em torno de R\$ 4.550,00.

Mas a idéia principal para uma maior difusão da torre é que ela seja construída de forma industrializada, sendo suas partes fabricadas em módulos para posteriormente serem transportadas e encaixadas na residência de sua implantação. Da forma industrializada, se reduziria o custo total da torre na medida em que as formas seriam replicadas muitas vezes diluindo-se este valor. Igualmente, poderiam os usuários de comunidades organizadas ser capacitados para que possam incorporar em suas habitações os conceitos apresentados neste projeto.



## 5.6. Análise do Retorno do Investimento

A análise econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva e aquecimento solar da água implantado na residência em estudo será realizada através do cálculo do período de retorno do investimento. Este cálculo determina o tempo necessário para amortizar o valor gasto inicialmente com a implantação do sistema no local.

Para isso, serão calculadas as economias mensais geradas tanto na conta de água, quanto na de luz da casa. Esses valores serão então comparados com o investimento inicial do projeto para sua implantação através do Método do Valor Presente Líquido (VPL), que consiste em determinar um valor no instante considerado inicial, a partir de um fluxo de caixa formado por uma série de receitas e despesas. Os valores futuros encontrados são trazidos para o presente, e considerando o investimento inicial, é calculado o período de retorno do investimento.

Adotou-se como Taxa Mínima de Atratividade o rendimento líquido oferecido pela caderneta de poupança, 7,05% a.a. (0,57% a.m.), por ser a aplicação mais segura e estável do mercado financeiro.

Na equação abaixo encontra-se a equação utilizada para o cálculo do VPL.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 - i)^t}$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

$FC_t$  = fluxos previstos de receitas ou despesas no período t;

t = período de análise;

i = Taxa Mínima de Atratividade (TMA);

n = vida útil do projeto em anos.

Considera-se que o tempo de vida útil da Torre Sustentável e suas instalações é de aproximadamente 25 anos, tempo que encontra-se em acordo com a durabilidade de outros sistemas de aproveitamento de água da chuva.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Dados Pluviométricos

Os estudos de precipitação foram realizados a partir de um levantamento de dados das séries históricas feitas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação meteorológica convencional de Florianópolis-SC, localizada na Latitude 27°58' Sul e Longitude 48°57' Oeste. Esta estação entrou em funcionamento no dia 1 de dezembro de 1921, portanto sua série é longa e seus dados confiáveis.

A seguir encontra-se na Figura 19 o gráfico gerado pelo Instituto Nacional de Meteorologia sobre a quantificação mensal das precipitações em Florianópolis no ano de 2009. Esses dados foram coletados da estação meteorológica automática de Florianópolis-SC, localizada na Latitude 27°60' Sul e Longitude 48°62' Oeste. A estação automática é mais nova que a convencional, sua inauguração foi em 22 de janeiro de 2003.

As estações meteorológicas automáticas são compostas por uma unidade de memória central (“data logger”), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que integra os valores observados minuto a minuto e os integra automaticamente a cada hora.

Já as estações meteorológicas convencionais são compostas de vários sensores isolados que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc.), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação qualquer.

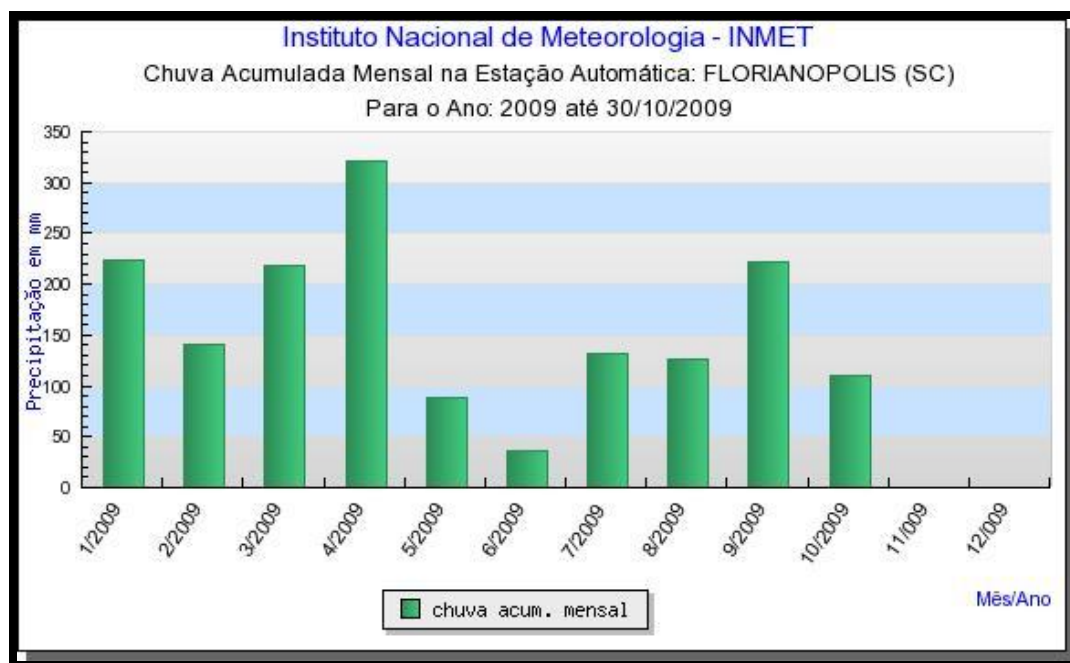


Figura 19: Total precipitado mensal em Florianópolis em 2009.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2009).

Observa-se na Figura 19 que o mês de abril de 2009 apresenta até o momento o maior volume de precipitação do ano, e o mês de junho o menor. Portanto, logo após o início do funcionamento da torre, no mês de março, choveu muito em Florianópolis, o que acarretou em um enchimento rápido do reservatório de água da chuva. Isto foi altamente benéfico para o estudo, já que não foi preciso esperar muito tempo para iniciar a utilização da água da chuva no sistema hidráulico da residência.

Segundo o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (2008), o município não apresenta estação seca, sendo o verão geralmente a estação que apresenta o maior índice pluviométrico. As maiores precipitações ocorrem de janeiro a março, portanto o ano de 2009 encontra-se parcialmente dentro da normalidade das séries históricas, pois nota-se que nos meses do inverno choveu menos que nos demais. A precipitação normalmente é bastante significativa e bem distribuída durante o ano. A precipitação normal anual entre o período de 1921 a 1986 foi de 1.523 mm. Portanto, o ano de 2009 já ultrapassou a média anual de precipitação no fim do mês de outubro, como consta na Tabela 16, a seguir.

Tabela 16: Precipitações mensais em Florianópolis em 2009.

<b>Mês</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
Janeiro	227
Fevereiro	140
Março	219
Abril	322
Maio	87
Junho	33
Julho	123
Agosto	119
Setembro	223
Outubro	110
Novembro	sem dados
Dezembro	sem dados
<b>Total</b>	<b>1.603</b>

*Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2009).*

## 6.2. Consumo de Água antes e depois da Instalação da Torre Sustentável

Foram encontrados alguns problemas para a análise do funcionamento e eficiência do novo sistema hidráulico implantado na residência, chamada aqui de Casa 1. A água da rede não entra diretamente na Casa 1, ela é direcionada primeiramente para a residência vizinha (Casa 2), onde residem parentes dos moradores da casa onde está instalada a Torre Sustentável.

Foi feita uma conexão entre as duas residências, possibilitando assim, que a Casa 1 também seja abastecida com água da rede. Portanto, as duas casas recebem apenas 1 conta de água, esta que está em nome do morador da Casa 2.

Segundo os moradores da Casa 2, desde maio de 2009 eles não recebem mais as contas de água e também não solicitaram explicações da CASAN a respeito desta situação. As contas pagas antes desta

data eram sempre de R\$ 19,10, preço pago para o consumo residencial abaixo de 10 m<sup>3</sup>. Também foi dito por eles que as contas antigas foram perdidas, dificultando assim uma análise mais precisa do consumo de água no projeto.

O autor deste trabalho entrou em contato com a CASAN em busca de informações sobre o consumo e a rede de água nessas residências. Segundo a CASAN, foi cortada a água da rede para a Casa 2 no dia 18 de abril de 2007 por falta de pagamento das contas anteriores. Portanto, ou a ligação atual é clandestina, e provavelmente a CASAN continua abastecendo a residência sem o conhecimento do fato. Foi esclarecido ainda que a rede de esgoto ainda está em fase execução no bairro, portanto a taxa de esgoto não é cobrada dos moradores locais.

O consumo de água na Casa 1 foi monitorado semanalmente pelo autor deste trabalho por cerca de 70 dias. O início do monitoramento foi no dia 16 de agosto de 2009 e o último foi no dia 31 de outubro de 2009. A princípio, eram feitas 2 visitas semanais à casa para a coleta de dados, sendo elas realizadas nas segundas e sextas-feiras, com o intuito de analisar a diferença de consumo da família durante a semana e nos finais de semana.

Ficou comprovado, após o acompanhamento dos resultados, que este tipo de medição era irrelevante para o projeto e adotou-se assim apenas uma coleta de dados por semana, sendo esta realizada na sexta-feira. Na tabela a seguir encontram-se os resultados do monitoramento do consumo de água. É importante ressaltar que para os cálculos foram considerados 15 dias de consumo de água no mês de agosto, 30 em setembro e 31 em outubro.

Tabela 17: Consumos de água na residência de acordo com os hidrômetros instalados.

	<b>1 - Geral</b>		<b>2 - Água Fria</b>		<b>3 - Água da Chuva</b>		<b>4 - Suprimento (m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Consumo</b>	<b>L/mês</b>	<b>L/dia</b>	<b>L/mês</b>	<b>L/dia</b>	<b>L/mês</b>	<b>L/dia</b>	<b>L/mês</b>	<b>L/dia</b>
<b>Agosto</b>	1041,30	69,42	823,10	54,87	1264,40	84,29	0,00	0,00
<b>Setembro</b>	2608,20	86,94	2321,10	77,37	2338,60	77,95	0,00	0,00
<b>Outubro</b>	2762,60	89,12	1508,90	48,67	2825,40	91,14	0,00	0,00

Observa-se que no hidrômetro 4, o suprimento, não registrou em nenhum momento consumo de água. A função deste hidrômetro é medir o consumo de água potável para fins não potáveis. O consumo de água para fins não potáveis (vaso sanitário, máquina de lavar roupa, tanque e mangueira) foi neste caso, exclusivamente de água da chuva. Para o caso da falta de água da chuva é usada automaticamente a água da rede para cobrir esta falta.

Como o hidrômetro 4 sempre marcou 0,00, isto significa que em nenhum momento o reservatório de água da chuva ficou vazio, não necessitando assim o consumo de água potável para fins não potáveis.

O consumo total da residência é a soma dos hidrômetros 1 (Geral) com o hidrômetro 3 (Água da Chuva), que indicam respectivamente os consumo de água potável e não potável na casa. Portanto, em agosto foram consumidos 2.305,7 litros de água na residência, em setembro 4.946,8 litros, e em outubro 5.588,0 litros. Esses números apontam que o consumo de água mensal da família encontra-se muito abaixo da tarifa básica para consumos até 10 m<sup>3</sup>/mês.

A Figura 20 apresenta o gráfico dos registros de consumo de água nos hidrômetros instalados na residência ao longo dos 70 dias de monitoramento.

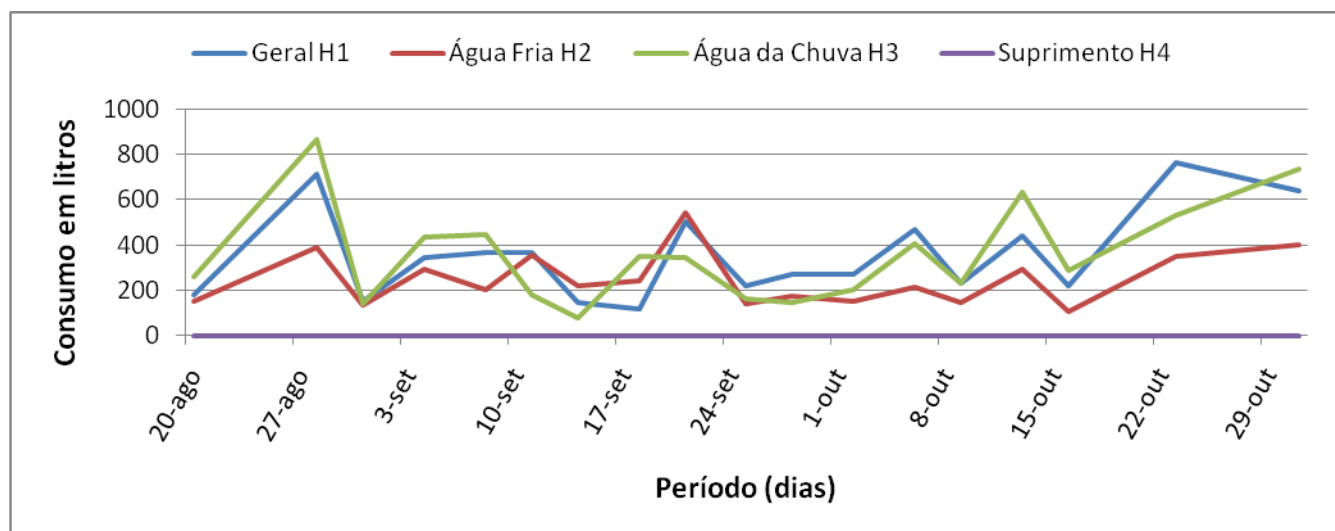


Figura 20: Consumo de água nos hidrômetros instalados no projeto.

Observa-se no gráfico da Figura 20 que entre os dias 12 e 24 de setembro o consumo de água fria potável foi maior que o consumo de água geral na residência, fato que não pode ocorrer, pois o consumo de água fria potável somado ao consumo de água quente é igual a entrada de água da rede (H1) na casa. A explicação para este erro na coleta de dados está ligada a instalação tardia do hidrômetro 4 nas tubulações do sistema. Esta manutenção acarretou em abrir e fechar alguns registros, além de consentir por algumas vezes com o escoamento de água pelas tubulações, fato que pode ter influenciado no monitoramento nestes dias.

Como pode-se observar no gráfico da Figura 21, a seguir, o consumo total de água da família residente na casa em estudo apresenta grandes variações durante os meses. São picos de alto consumo seguidos por baixos consumos. Isto ocorre devido à rotina de trabalho de seus moradores e o baixo número de habitantes na residência. O casal que ali reside não dorme todos os dias em casa, pois eles trabalham longe da residência em algumas vezes eles dormem na casa de parentes em outros bairros, fazendo com que o consumo de água na residência baixe significativamente.

No fim do mês de outubro, foi dito pelo homem da família que ele conseguiu um novo emprego, perto de casa e em função disso ele irá todos os dias dormir em casa, salvo exceções. Espera-se assim, a partir do fim de outubro obter-se valores mais constantes para o consumo de água na residência.

Observa-se ainda na Figura 21 um grande pico de consumo entre os dias 20 e 27 de agosto, além do alto consumo nos últimos dias do mês e outubro. A residência passa por uma série de reformas, estas executadas pelo próprio morador. Portanto, em determinados dias pode ocorrer um alto consumo de água em função da reforma, ou da lavagem do pátio da casa, entre outros.

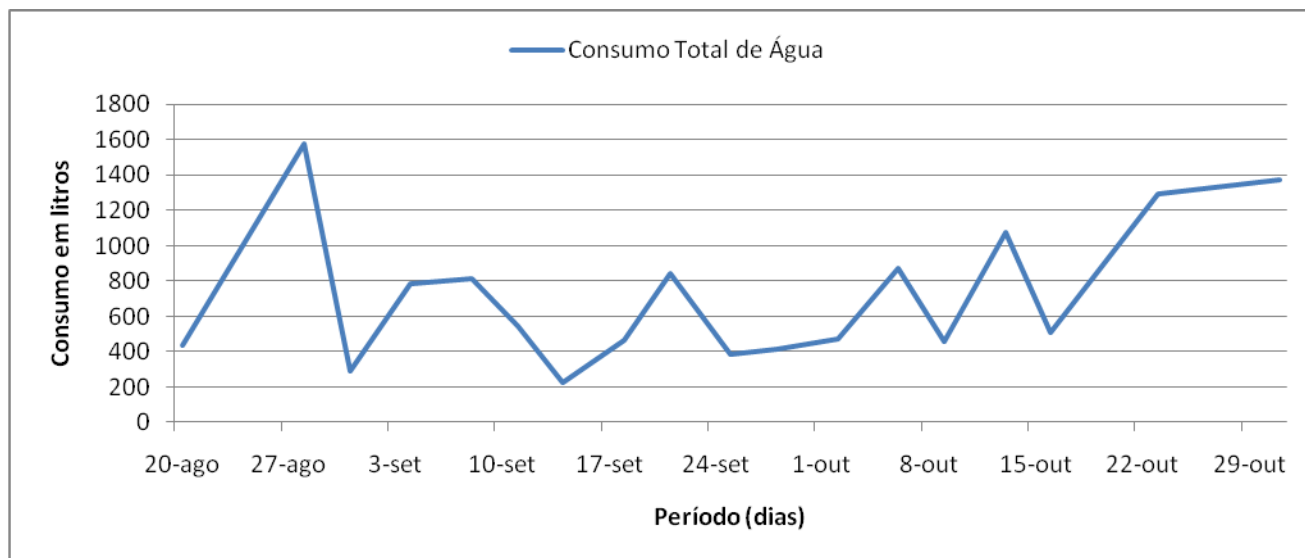


Figura 21: Consumo total de água na residência.

Através da equação a seguir, fez-se o cálculo comparativo do consumo de água da chuva consumida na residência com a quantidade de chuva precipitado na área de captação para os meses de monitoramento da torre. Não foi considerado o mês de agosto neste cálculo, pois os hidrômetros não se encontravam instalados desde o começo do mês na residência. Segundo Hespanhol (2002), o coeficiente de aproveitamento da água da chuva aproxima-se de 80%.

$$V = A_c \times P \times C_c$$

onde:

V = volume de água coletado ( $m^3/mês$ );  
 $A_c$  = área de contribuição do telhado ( $m^2$ );  
P = precipitação mensal do município (mm/mês);  
 $C_c$  = coeficiente de aproveitamento (%).

Portanto, para uma área de captação de  $44 m^2$ , tem-se:

$$V = 44 m^2 \times P_{mensal} \times 0,8$$

A tabela a seguir apresenta os resultados.

Tabela 18: Comparação entre o consumo e da precipitação de água da chuva.

Mês	Precipitação (mm)	Água da chuva precipitada no telhado (m <sup>3</sup> )	Água da chuva consumida na residência (m <sup>3</sup> )	Percentual de água da chuva consumido diante do total precipitado (%)
Setembro	223	7,85	2,28	29
Outubro	110	3,87	2,83	73

Avalia-se pelos resultados da Tabela 18 que em meses com muitas chuvas, grande parte da água precipitada sobre o telhado da residência acaba escoando diretamente para a rede pluvial devido ao enchimento da cisterna. Isso ocorreu no mês de setembro de 2009, quando somente 29% do total de água precipitada sobre o telhado foi efetivamente consumido na residência. Já em outubro choveu praticamente a metade do que em setembro, assim o percentual consumido foi muito maior.

Explica-se este baixo consumo devido pequeno número de moradores na residência, além de suas rotinas de trabalho. Portanto, estima-se para esta residência, que apenas em meses com precipitações abaixo de 80 mm serão utilizadas totalmente as águas da chuva reservadas na torre, e por consequência, consumir-se-ia a água da rede para os fins não potáveis na casa.

A figura abaixo apresenta o consumo de água potável e não potável na residência nos meses de monitoramento do sistema através da análise dos dados coletados nos hidrômetros ali instalados.

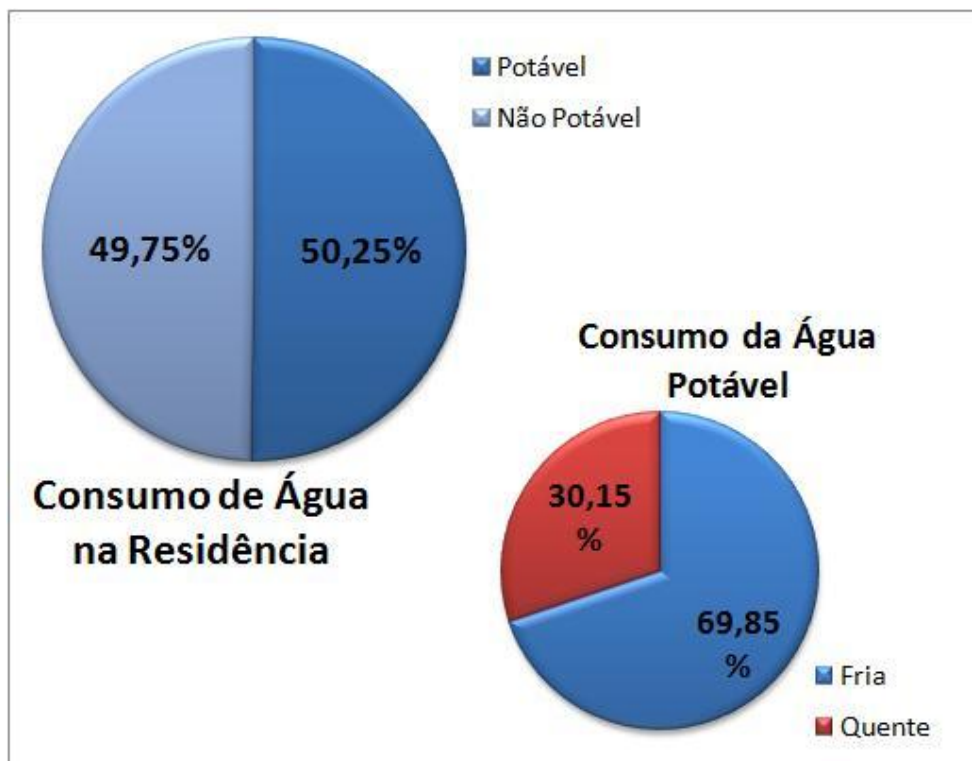


Figura 22: Tipos de consumo de água na residência.

Os resultados apontam que a parcela do consumo de água na residência para fins não potáveis foi de 49,75% do total, durante o período em que o sistema foi monitorado pelo autor deste trabalho. Já que durante todo este período o reservatório de água da chuva permaneceu cheio ou parcialmente cheio, não foi necessário o uso de água potável da rede para complementar o consumo de água pra fins não potáveis na casa. Assim, afirma-se que 100% da água consumida na residência para fins não potáveis era composta exclusivamente por água da chuva, gerando uma diminuição no consumo de aproximadamente 6,4 m<sup>3</sup> de água da rede nos 70 dias de coleta de dados. Esta pode ser considerada uma economia consideravelmente alta de água, levando em conta que o consumo total da residência nos mesmo 70 dias foi de 12,8 m<sup>3</sup>.

Sobre o consumo de água pra fins potáveis, ou seja, a água da rede, 50,25% do total de água consumida no período foi para este fim. Desta quantia, 30,15% são de água quente consumida na ducha e os outros 69,85% de água fria consumidas na pia da cozinha, como indicado na Figura 22.

### 6.3. Qualidade da Água e Análise dos Padrões de Potabilidade

A Tabela 19 apresenta os resultados das análises realizadas em laboratório quanto à qualidade da água coletada em relação à Portaria 518/2004.

Tabela 19: Resultados das análises da água coletada.

Parâmetro	Unidade	VMP <sup>(1)</sup> pela Portaria 518/2004	Valor obtido nas análises da torre
Coliformes totais	NMP <sup>(2)</sup> /100 ml	Ausência em 100 ml	> 2.419,2
Coliformes fecais	NMP/100 ml	Ausência em 100 ml	1.299,7
Turbidez	UT <sup>(3)</sup>	5,0	0,183
pH	-	6 a 9,5	6,58
Cor aparente	uH <sup>(4)</sup>	15	6 a 13
Dureza	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	500	51,4

Notas: (1) Valor Máximo Permitido

(2) Número Mais Provável

(3) Unidade de Turbidez

(4) Unidade Hazen (mg Pt–Co/l).

As águas coletadas apresentam presença de coliformes totais e fecais, portanto confirma-se a existência de microorganismos (*Escherichia coli*) na água após a passagem pelo telhado e calhas, o que indica a contaminação por fezes animais de sangue quente como aves, gatos, entre outros.

Os valores apresentados nas análises de turbidez foram muito baixos, na média de 0,183 UT, bem abaixo do valor máximo permitido pela Portaria 518/2004.

O pH da água de chuva coletada ficou na média de 6,58, portanto, dentro dos padrões de potabilidade avaliados. O fato do pH da água da chuva ser levemente ácido é considerado normal devido à presença de gases como o CO<sub>2</sub> e o SO<sub>4</sub> que reagem com a água da chuva formando ácidos e que, como consequência, diminuem o pH.



A cor aparente mostrou-se em todas as análises dentro dos padrões de potabilidade exigidos, variando de 6 a 13 uH, apresentando-se assim abaixo dos 15 uH estabelecidos.

A dureza da água ficou na média de 51,4 mg/l, apresentando em todas as suas amostras valores inferiores ao máximo permitido pela Portaria 518/2004 que é de 500 mg/l. A dureza elevada pode provocar incrustações nas tubulações, mas neste caso este não será um problema.

Apesar das análises realizadas na água da chuva apresentarem valores dentro do exigido pela Portaria 518/2004 para serem consideradas potáveis nos parâmetros de turbidez, pH, cor e dureza, esta água não é potável devido a presença de coliformes nas amostras. Assim, para que esta água possa ser utilizada para fins potáveis na residência é necessária uma desinfecção antes de seu consumo.

#### 6.4. Consumo de Energia antes e depois da Instalação da Torre Sustentável

Observa-se na Tabela 20, o consumo de energia elétrica na residência entre os meses de junho de 2008, mês de instalação do medidor de consumo na casa, até o mês de outubro de 2009. Os valores grifados em rosa indicam os meses em que a torre sustentável ainda estava em etapa de projeto ou construção, já os valores em azul representam o período em que o novo sistema já estava em funcionamento.

Tabela 20: Consumo e gasto com energia na casa do projeto.

Ano	Mês	Consumo de Energia (kWh/mês)	Consumo de Energia (kWh/dia)	Tarifa (R\$/kWh)	Valor pago R\$
2008	Junho	51	1,08	0,162549	8,29
	Julho	114	3,93	0,361315	41,19
	Agosto	88	2,83	0,361136	31,78
	Setembro	86	2,77	0,339302	29,18
	Outubro	87	2,90	0,334138	29,07
	Novembro	97	2,93	0,333711	32,37
	Dezembro	85	2,93	0,333058	28,31
2009	Janeiro	93	3,00	0,332258	30,90
	Fevereiro	103	3,32	0,331942	34,19
	Março	102	3,51	0,332157	33,88
	Abril	94	3,24	0,332128	31,22
	Maio	108	3,27	0,330833	35,73
	Junho	89	3,06	0,331798	29,53
	Julho	94	3,13	0,331489	31,16
	Agosto	106	3,31	0,331887	35,18
	Setembro	81	2,79	0,352963	28,59
	Outubro	106	3,20	0,356981	37,84

Excluindo-se o mês de junho 2008, pois neste mês foi instalado o medidor, e não se pôde registrar o consumo de energia em todos os dias do mês, foi calculada a média do consumo de energia elétrica dos meses com o funcionamento da Torre Sustentável e dos meses sem. Para os meses sem a

torre obtém-se o valor de 94,1 kWh/mês, já para os meses com o funcionamento da torre tem-se o valor de 97,5 kWh/mês.

Esperava-se que os gastos com energia elétrica diminuíssem com o início do funcionamento do novo sistema, mas é compreensível que o consumo de energia tenha aumentado, pois no fim do mês de março foi adquirida pela família uma máquina de lavar roupa. Esta máquina tem as seguintes características técnicas:

- a) 460 W de potência;
- b) tensão nominal de 220 V;
- c) 2,1 A de corrente;
- d) frequência de 60 Hz;
- e) 9 kg de capacidade;
- f) 800 rpm.

Segundo os moradores da residência, o sistema apresenta problemas técnicos quanto à pressão da água, sendo esta muito baixa para o uso correto da máquina de lavar roupa. Eles criticam que o ciclo de 1 hora da máquina acaba ocupando na prática 3 horas do dia, pois a água demora muito para encher por completo o compartimento de lavagem da máquina.

De acordo com o manual de instruções do fabricante (Eletrolux do Brasil S/A), para o ciclo de lavagem de 1 hora, 32 minutos são dedicados a deixar a roupa de molho na água, e o restante para a lavagem e entrada de água na máquina.

Ainda segundo o manual, o tempo aproximado de entrada de água na máquina é de 4 minutos por enchimento, porém a pressão na água da residência é baixa, causando um aumento significativo neste tempo de entrada. Em um ciclo de 1 hora são enchidas duas vezes de água o compartimento de lavagem da máquina, totalizando 8 minutos no processo para uma situação ideal.

Portanto, de acordo com o manual, foi considerado para os cálculos do consumo energético que durante os 20 minutos de lavagem a máquina trabalha em sua potência máxima de 460 W, nos 8 minutos de entrada de água ela funciona a 80% da potência máxima (368 W), e nos 32 minutos de molho ela trabalha na potência mínima, que equivale a 60% da máxima (276 W).

Em um ciclo de 3 horas de lavagem, são utilizados 20 minutos (0,33 horas) para a lavagem da roupa, 32 minutos (0,53 horas) para deixar a roupa de molho, e os outros 125 minutos (2,08 horas) são gastos no enchimento de água da máquina. A máquina é utilizada em média 4 vezes por semana, portanto, 16 dias em um mês. Sendo assim, calcula-se que demorando normalmente 3 horas por lavagem, o eletrodoméstico funcione 48 horas em um mês.

Deste modo, baseado nas características técnicas da máquina e nos relatos da família, foram feitos os cálculos do consumo de energia elétrica da máquina de lavar roupa no período de março a outubro de 2009. Foi utilizada a fórmula a seguir para os cálculos.

$$W = P \times t$$

Onde:

W = energia consumida;

P = potência do aparelho;

t = é tempo de utilização do aparelho.

Portanto:

$$W = (460W \times 0,33h) + (368W \times 2,08h) + (276W \times 0,53h)$$

$$W = 151,8 + 765,4 + 146,3$$

$$W = 1.063,5 Wh$$

$$W = 1,0635 kWh$$

Através da mesma equação foram também calculados os custos gerados pela utilização da bomba de recalque localizada dentro da torre. Este motor-bomba também tem influência no consumo de energia, já que ela é uma nova fonte de gasto de eletricidade que não existia antes da instalação do sistema.

A bomba tem uma potência de 650 W e é acionada segundo os moradores da casa em média 15 vezes por dia, e cada vez que ela é ligada seu trabalho dura 1 minuto. Portanto, a bomba funciona 15 minutos por dia, ou 7,5 horas por mês. Deste modo:

$$W = 650 W \times 0,25 h$$

$$W = 162,5 Wh$$

$$W = 0,1625 kWh$$

A tabela a seguir aponta os gastos da máquina de lavar roupa e da bomba de recalque nos meses de março a outubro de 2009. A tabela também indica quais são suas parcelas de influência na conta mensal paga pela família.

Tabela 21: Influência dos aparelhos no consumo de energia na residência.

Ano	Mês	Tarifa energética	Gasto (R\$)				M+B na conta de energia (%)
			Máquina	Bomba	M + B	Total Casa	
2009	Março	0,332157	5,65	1,62	7,27	33,88	21,46
	Abril	0,332128	5,65	1,62	7,27	31,22	23,29
	Maio	0,330833	5,63	1,61	7,24	35,73	20,27
	Junho	0,331798	5,65	1,62	7,26	29,53	24,60
	Julho	0,331489	5,64	1,62	7,26	31,16	23,29
	Agosto	0,331887	5,65	1,62	7,27	35,18	20,65
	Setembro	0,352963	6,01	1,72	7,73	28,59	27,03
	Outubro	0,356981	6,07	1,74	7,81	37,84	20,65

A Tabela 21 indica que o consumo energético da máquina de lavar roupa somada ao consumo da bomba de recalque é muito significativo em relação ao consumo total da residência, ficando na média de 22, 7% pra os meses apresentados.

Para o funcionamento do projeto Torre Sustentável é necessário o trabalho da bomba de recalque, sendo assim este um gasto embutido no sistema. Já a aquisição da máquina de lavar pela família acrescentou um custo à conta elétrica sem que o mesmo esteja envolvido no projeto, dificultando assim a análise.

Assim sendo, a Tabela 22 a seguir aponta os gastos com energia elétrica na residência depois da instalação da torre referentes a máquina de lavar roupa. São comparadas 2 situações a seguir, uma com a presença do eletrodoméstico na casa, e a outra sem. Como antes da instalação da torre a roupa era lavada no tanque, não existia custos energéticos envolvidos no processo de lavagem, logo a comparação dos dados na seqüência mostra-se mais eficiente já que compara o antes e o depois em igualdade de condições.

Tabela 22: Comparação dos gastos com energia com e sem a máquina de lavar roupa.

Ano	Mês	Gasto (R\$)		
		Máquina	Total Casa	Casa - Máquina
2009	Março	5,65	33,88	28,23
	Abril	5,65	31,22	25,57
	Maio	5,63	35,73	30,10
	Junho	5,65	29,53	23,88
	Julho	5,64	31,16	25,52
	Agosto	5,65	35,18	29,53
	Setembro	6,01	28,59	22,58
	Outubro	6,07	37,84	31,77

O gasto médio de energia elétrica sem somar a máquina de lavar roupa nos meses de março a outubro de 2009 é de R\$ 27,15 (82,4 kWh/mês). Para os meses de julho de 2008 a fevereiro de 2009, período antes da instalação da Torre Sustentável, a família pagava em média R\$ 30,99 (94,1 kWh/mês). Portanto, conclui-se que o novo sistema acarretaria uma economia média mensal de 12,4% na conta de energia elétrica na residência, na hipótese de não ter sido instalada a máquina de lavar roupa.

#### 6.5. Período de Retorno do Investimento

Por meio das análises e cálculos realizados o até o momento neste trabalho tem-se os dados necessários para uma projeção das receitas e despesas envolvidas no sistema para o futuro, para então calcular-se o tempo de retorno do investimento do projeto.

A economia que seria gerada na conta de energia é de 12,4% ao mês, no caso da não aquisição da máquina de lavar pelo casal, resultando em uma média aproximada de R\$ 4,59 ao mês de economia. Porém isto não ocorreu, e o que se viu foi um aumento de 3,6% na conta de energia elétrica da residência.

Na conta de água é pago sempre o mesmo valor de tarifa, que seria atualmente R\$ 23,50, pois o consumo da família nunca passa dos 10 m<sup>3</sup> por mês. Portanto, não é gerada economia financeira na conta de água, mesmo com o sistema gerando uma diminuição de aproximadamente 49,75% no consumo de água potável da residência.

Portanto, não será recuperado o montante investido nessas condições de uso do sistema.

#### 6.6. Simulação da Eficiência da Torre Sustentável para uma Família Ideal

Após análise dos resultados percebe-se que a família residente na casa em estudo está longe do ideal para o projeto, dificultando a execução do diagnóstico do funcionamento do sistema implantado, além de impossibilitar uma avaliação mais precisa do período de retorno do investimento. Portanto, foi feita uma simulação do funcionamento da Torre Sustentável na mesma residência, porém agora ela sendo habitada por uma família composta por 1 casal de adultos e 3 filhos. Esta família representa melhor uma residência típica em uma comunidade carente nas cidades brasileiras.

Como exposto na Tabela 7, o consumo per capita média de água em Florianópolis é de 155 litros/hab./dia. Quanto maior o nível social de uma família, maior será seu consumo de água per capita. Assim sendo, foi considerada nesta simulação um consumo de 125 litros/hab./dia, já que a família em estudo reside em uma comunidade carente. Para os cálculos do consumo e custos de água utilizou-se a Tabela 14, a qual indica as tarifas de água aplicada pela CASAN em 2009.

Diferentemente da situação real da residência em estudo, foi considerado a existência e funcionamento da rede de esgoto na rua, fato que influencia diretamente os valores cobrados na conta de água enviada pela CASAN. Deste modo, a conta que chega a residência é o valor cobrado pelo consumo total de água, mais a taxa de esgoto, que equivale a 100% da conta de água.

Na casa não existe máquina de lavar roupa, e o chuveiro elétrico instalado na residência tem uma potência de 4.200 W. Seus moradores tem uma rotina de vida bem regular, com todos os seus 5 habitantes dormindo em casa os 7 dias da semana.

Na simulação foram feitos os cálculos para os meses de junho de 2008 até outubro de 2009, de acordo com o período de funcionamento do aparelho medidor de energia elétrica instalado pela CELESC na residência. Utilizou-se as quantidades de dias de cada mês nos cálculos das estimativas de consumos mensais nas avaliações a seguir.

Foram considerados 1 banho por dia por morador, com cada banho demorando em média 10 minutos (0,17 hora).

##### 6.6.1. Água

Baseado nas informações descritas no item anterior, foram feitos novos cálculos para os consumos de água e energia elétrica na casa em estudo com o objetivo de obter-se resultados mais representativos quanto a verdadeira realidade de uma típica moradia carente brasileira, e como o Projeto Torre Sustentável atua frente estas condições.

A Tabela 23 apresenta os consumos e custos envolvidos na utilização de água pela família em estudo sem a implantação da Torre Sustentável. Nota-se que o consumo de água potável sofre pequenas variações ao longo dos meses, isso se deve ao fato das estimativas levarem em conta o número de dias de cada mês. Portanto, em meses com mais dias (31 dias) o consumo de água foi maior que em meses com menos dias (30 dias, ou 28 dias no caso de fevereiro).

Tabela 23: Simulação dos gastos e consumos da família com água.

Ano	Mês	Consumo água potável (m <sup>3</sup> /mês)	Custo da Água (R\$/mês)			Total (R\$/mês)	Custo Total
			até 10 m <sup>3</sup>	11 a 25 m <sup>3</sup>	Total		
			R\$ 23,50/mês	R\$ 4,3132/m <sup>3</sup>	Água	Esgoto	Água+Esgoto
2008	Junho	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Julho	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Agosto	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Setembro	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Outubro	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Novembro	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Dezembro	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Janeiro	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
2009	Fevereiro	17,5	23,50	32,35	55,85	55,85	111,70
	Março	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Abril	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Maio	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Junho	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Julho	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Agosto	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87
	Setembro	18,8	23,50	37,74	61,24	61,24	122,48
	Outubro	19,4	23,50	40,44	63,94	63,94	127,87

Considerando-se que a economia no consumo de água potável seja de 49,75% na residência, como calculado no item 6.2., a tabela a seguir aponta as reduções no consumo de água potável propiciadas pela Torre Sustentável. Os cálculos utilizados são os mesmos já apresentados no item 6.2. Todos os dados pluviométricos foram obtidos no banco de dados do INMET.

Tabela 24: Simulação do consumo de água da chuva em relação à água potável.

Ano	Mês	Precipitação (mm)	Água precipitada no telhado (m <sup>3</sup> )	Água potável da rede consumida sem a torre (m <sup>3</sup> )	Água da chuva consumida com a torre (m <sup>3</sup> )	Redução no consumo de água potável gerado com a torre (%)
2008	Junho	75	2,64	18,8	2,64	14,1
	Julho	10	0,35	19,4	0,35	1,8
	Agosto	66	2,32	19,4	2,32	12,0
	Setembro	238	8,38	18,8	8,38	44,7
	Outubro	295	10,38	19,4	9,64	49,8
	Novembro	639	22,49	18,8	9,33	49,8
	Dezembro	306	10,77	19,4	9,64	49,8
2009	Janeiro	227	7,99	19,4	7,99	41,2
	Fevereiro	140	4,93	17,5	4,93	28,2
	Março	219	7,71	19,4	7,71	39,8
	Abril	322	11,33	18,8	9,33	49,8
	Maio	87	3,06	19,4	3,06	15,8
	Junho	33	1,16	18,8	1,16	6,2
	Julho	123	4,33	19,4	4,33	22,3
	Agosto	119	4,19	19,4	4,19	21,6
	Setembro	223	7,85	18,8	7,85	41,9
	Outubro	110	3,87	19,4	3,87	20,0

Com a instalação da torre, parte do consumo de água da rede é substituído pela água da chuva coletada pelo sistema. A partir dos percentuais de água da chuva consumida em relação ao total utilizado na residência em cada mês, estima-se a economia mensal gerada pela torre na conta de água da residência. A tabela a seguir expõe os resultados desta economia.

Tabela 25: Simulação da economia na conta de água.

Ano	Mês	Custo Total sem a torre	Economia gerada pela torre	Custo Total com a torre	Diferença
		A+E <sup>(1)</sup> (R\$)	%	Água+Esgoto	R\$
2008	Junho	122,48	14,1	99,71	22,77
	Julho	127,87	1,8	124,84	3,04
	Agosto	127,87	12,0	107,83	20,04
	Setembro	122,48	44,7	50,21	72,27
	Outubro	127,87	49,8	47,00	80,87
	Novembro	122,48	49,8	47,00	75,48
	Dezembro	127,87	49,8	47,00	80,87
	Janeiro	127,87	41,2	58,94	68,93
2009	Fevereiro	111,70	28,2	69,19	42,51
	Março	127,87	39,8	61,37	66,50
	Abril	122,48	49,8	47,00	75,48
	Maio	127,87	15,8	101,46	26,42
	Junho	122,48	6,2	112,46	10,02
	Julho	127,87	22,3	90,52	37,35
	Agosto	127,87	21,6	91,74	36,13
	Setembro	122,48	41,9	54,77	67,71
	Outubro	127,87	20,0	94,47	33,40

Notas: (1) Água + Esgoto

Portanto, em um período de 17 meses a torre proporcionou uma economia de R\$ 819,80 na conta de água da família ideal analisada, com uma redução média mensal de R\$ 48,22 no valor pago à CASAN.

### 6.6.2. Energia

Para a avaliação da influência da Torre Sustentável na conta de energia elétrica da residência considera-se que seus habitantes deixam de utilizar o chuveiro elétrico para ter sua água de banho aquecida exclusivamente pelo coletor solar. Também é considerado o gasto adicional de energia causado pelo funcionamento do motor-bomba existente dentro da torre.



Segundo o Ministério de Minas e Energia – MME – (2005), no Brasil se consome em média 37,6 kWh de energia por pessoa por mês. Portanto, foi utilizado este valor para os cálculos do consumo energético per capita na residência simulada.

Anteriormente, calculou-se o consumo energético da bomba hidráulica de 650 W com uma rotina de trabalho de 15 acionamentos de 1 minuto de duração por dia. Proporcionalmente ao número de moradores da casa, para a família ideal, a bomba é acionada 37 vezes durante 1 minuto todos os dias. Todos os cálculos executados que resultaram na tabela a seguir foram previamente apresentados no item 6.4.

Foram consideradas as mesmas tarifas em todos os meses analisados, para o consumo de até 150 kWh (0,355533 R\$/kWh), e acima dos 150 kWh (0,420625 R\$/kWh). Esses valores foram escolhidos após análise e cálculo das médias tarifárias das contas de energia elétrica recebidas pelos moradores da residência.

Tabela 26: Simulação do consumo de energia com e sem a Torre Sustentável.

Ano	Mês	Sem a Torre		Com a Torre	
		Consumo Total Residência	Consumo Chuveiro	Consumo Moto-Bomba	Consumo Total Residência
		(kWh/mês)	(kWh/mês)	(kWh/mês)	(kWh/mês)
2008	Junho	188,0	107,10	12,0	92,93
	Julho	194,3	110,67	12,4	96,02
	Agosto	194,3	110,67	12,4	96,02
	Setembro	188,0	107,10	12,0	92,93
	Outubro	194,3	110,67	12,4	96,02
	Novembro	188,0	107,10	12,0	92,93
	Dezembro	194,3	110,67	12,4	96,02
	Janeiro	194,3	110,67	12,4	96,02
2009	Fevereiro	175,5	99,96	11,2	86,73
	Março	194,3	110,67	12,4	96,02
	Abril	188,0	107,10	12,0	92,93
	Maio	194,3	110,67	12,4	96,02
	Junho	188,0	107,10	12,0	92,93
	Julho	194,3	110,67	12,4	96,02
	Agosto	194,3	110,67	12,4	96,02
	Setembro	188,0	107,10	12,0	92,93
	Outubro	194,3	110,67	12,4	96,02

Baseando-se nos resultados expostos na Tabela 26, estima-se que a família consome em média 190,9 kWh/mês sem a instalação da Torre Sustentável e com a utilização do chuveiro elétrico. Com a instalação da torre não é mais contabilizado o gasto gerado pela ducha, e o consumo mensal de energia elétrica passa para 94,4 kWh, uma redução de aproximadamente 49% no consumo energético, mesmo com a adição do consumo elétrico da bomba na conta.

De acordo com as tarifas cobradas pela CELESC, a família gasta em média R\$ 70,53 por mês sem a torre, e R\$ 33,56 por mês com a torre em funcionamento.

#### *6.6.2. Retorno do Investimento*

A simulação indica que com a implantação da Torre Sustentável na residência, a economia média mensal na conta de água é de R\$ 48,22, e de R\$ 36,97 na conta de energia elétrica, totalizando R\$ 85,19/mês. Assim, foi calculado o tempo de retorno do investimento para um tempo de vida útil de 25 anos, taxa de juros mínima de atratividade de 0,57% a.m. (7,05% a.a.), e tarifas fixas no tempo.

Portanto, para um investimento inicial de R\$ 4.450,00, será recuperado o montante investido em um período de 3 anos e 11 meses.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É muito importante a continuidade dos estudos e propostas de implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva no Brasil. Esta tecnologia vem se aperfeiçoando nas últimas décadas, e como consequência disso tem-se a apresentação de projetos cada vez melhores, com maior eficiência técnica e mais viáveis economicamente. As vantagens da aplicação de tecnologias de aproveitamento de água pluviais e aquecimento solar da água são muitas, tanto na área ambiental quanto na social e econômica. Obviamente existem custos iniciais envolvidos na implantação de qualquer sistema que faça proveito dessas fontes, mas estes são recuperados eventualmente ao longo do tempo.

Até o momento não é cobrado pelo uso da água da chuva e da energia solar captada em residências ou qualquer tipo de estabelecimento, portanto existem duas fontes renováveis e gratuitas a disposição para quem tiver conhecimento e interesse em usá-las. Para regiões isoladas, é muito válida a utilização da energia solar, já que nesses locais pode vir a ser muito oneroso fazer a ligação da comunidade com a rede elétrica. Em terras onde a estiagem é comum, o armazenamento de água da chuva é muitas vezes essencial para o abastecimento doméstico e cultivo de alimentos. Com a captação dessas águas também diminui-se a probabilidade da ocorrência de enchentes nas cidades, além de evitar o desperdício de um recurso natural escasso e diminuir o consumo de água potável da rede.

No entanto foram encontrados alguns problemas no Projeto Torre Sustentável durante o período de monitoramento do sistema, mas em sua maioria são de fácil correção. As tampas de manutenção da torre são parafusadas ou encaixadas ao cilindro principal, o design delas não é prático, resultando em esforços desnecessários à pessoa que deseja acessar seus pontos de manutenção. Outro problema encontrado foram as ilegalidades envolvidas nos sistemas de abastecimento de água da residência em estudo, essas ligações clandestinas dificultam uma análise mais precisa do sistema.

O projeto é inviável financeiramente nas condições em que se encontra atualmente. Fatores como o baixo número de habitantes na residência e sua rotina de trabalho comprometem o projeto. Na hipótese da torre ser implantada na mesma residência, porém desta vez com 5 moradores na casa, rede de água e esgoto em funcionamento e sem ilegalidades, além da substituição do chuveiro elétrico pelo aquecimento solar da água para a ducha, o projeto torna-se muito atraente economicamente.

A Torre Sustentável em funcionamento em Florianópolis, não vem apresentando desde sua instalação redução nos custos nas contas de água e energia para os moradores da residência onde ela se encontra. Para uma simulação do funcionamento da torre na mesma residência sob as condições hipotéticas citadas no parágrafo acima, conclui-se que o sistema gera uma economia média mensal de R\$ 85,19 na somatória das reduções geradas nas contas de água e energia elétrica da residência. Sendo assim, o investimento inicial de R\$ 4.450,00 é recuperado em aproximadamente 3 anos e 11 meses.

Independente de causar ou não retorno financeiro para seu investidor, a Torre Sustentável carrega consigo, através da aplicação de tecnologias sustentáveis, evidentes benefícios para o meio ambiente. O governo federal acredita nisso, e irá investir no ano de 2010 na instalação de 120 Torres Sustentáveis no Município de Gaspar-SC. As torres irão auxiliar na recuperação de áreas atingida pelas últimas enchentes, ajudando seus habitantes a manter suas casas sempre abastecidas de água, diminuir o consumo de água da rede pública, poupando os mananciais locais, e por fim, minimizar os riscos de novas enchentes. Isto prova o interesse do estado no projeto, pois a torre proporciona benefícios sociais e financeiros para os cofres públicos.

Recomenda-se para um próximo estudo, avaliar o funcionamento da torre em uma residência habitada por uma família que represente melhor a atual situação das habitações em comunidades

carentes do Brasil. Também é interessante estudar os efeitos da Torre Sustentável em outro meio, como uma comunidade rural. Assim, pode-se comparar a eficiência do sistema em diversos ambientes, e avaliar em qual o projeto apresenta melhores resultados.

## 8. REFERÊNCIAS

ACBMAC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. **Histórico**. Petrolina – PE, 2006. Disponível em: <<http://www.abcmac.org.br>>. Acesso em: 26 set. 2009.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Legislação relativa à estruturação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2009.

AMBIENTE BRASIL S/S LTDA. **Energia solar e o meio ambiente**. 2005. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Brasília, 2002. **Energia solar**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

AQUÍFERO GUARANI. **Água, Elemento Essencial**. Foz do Iguaçu, 2008. Disponível em: <<http://www.oaquifero guarani.com.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. **A Política de Recursos Hídricos no Brasil**. 2004. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2009.

BRASIL. **Normais Climatológicas (1961–1990)**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília, 1992. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/instituto/publicacoes.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

BROWN, C.; GERSTON, J.; COLLEY, S. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**: Texas Water Development Board. 3º edição. Austin, Texas, 2005. Disponível em: <<http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports>>. Acesso em: 26 set. 2009.

CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.casan.com.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

CELESC - CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. Tarifas e Taxas. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br>>. Acesso em: 22 out. 2009.

COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **O Caminho das Águas**. Ceará, 2006. Disponível em: <<http://www.cogerh.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2009.

ELETROSUL. **Uso racional da água**: Sistema de aproveitamento de água pluvial. Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br>>. Acesso em: 26 set. 2009.

GHISI, E.; TRÉS, A. C. R. **Aproveitamento de Águas Pluviais no Setor Residencial**. Programa computacional. 2004. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 23 set. 2009.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Organic Trading Editora. Curitiba, 2002, 196p.

HANSEN, S. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis**. 1996. 83f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Sanitária)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1996.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reuso de Água no Brasil**: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Portugal: APRH, 2002, 577p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Estatísticas**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

IPUF - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS (IPUF). **O município de Florianópolis**. Florianópolis, 2008. Disponível em: <<http://www.ipuf.sc.gov.br>>. Acesso em: 11 out. 2009.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Monitoramento da Estações**. Disponível em: <<http://www.inmet.sc.gov.br>>. Acesso em: 23 out. 2009.

LabEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Projeto Torre Sustentável**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/torre\\_sustentavel](http://www.labee.ufsc.br/torre_sustentavel)>. Acesso em: 19 out. 2009.

LEIS, Héctor Ricardo. **A modernidade insustentável**: as críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea. Petrópolis: Vozes, 1999. 261p.

MAESTRI, R. S. **Análise Custo-Benefício para o Aproveitamento da Água da Chuva em Florianópolis**. 2003. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2003.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reuso de Água**. São Paulo: Editora Manole Ltda. 263p, 2004.

MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1., São Paulo, 2004. **Anais...** São Paulo: ENTAC; 2004.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis - SC**. 2007. 118f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. 2004. 169f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica)-Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Recursos Hídricos**. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 26 set. 2009.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia Elétrica**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 15 nov. 2009.

MONTIBELLER A.; SCHMIDT R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada Através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

NETTO, J. M. A. **Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimento**. BIO, Rio de Janeiro, 1991, 451p.

NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998, 669p.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento de Água da Chuva e Reuso de Água em Residências Unifamiliars**: Estudo de Caso em Palhoça SC. 2005. 149f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas**: Estudos de Casos. 2004. 175f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

PNCDA - PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. **Apoio a Projetos de Combate ao Desperdício de Água**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 23 set. 2009.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Monitoria e Avaliação do Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 27 set. 2009.

PROECO - PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E DIFUSÃO DE ECO-TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS. **Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva**. Minas Gerais, 2004. Disponível em: <<http://soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>>. Acesso em: 17 set. 2009.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. **Qualidade da Água**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2009.

SANTOS, Milton. **Técnica, espaço, tempo**: globalização e meio técnico-científico internacional. São Paulo: Hucitec, 1994. 286p.

SIRHESC - SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina**. 2007. Disponível em: <<http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2002**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR): Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2002. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2009.

SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. A.; GONÇALVES, O. M. **Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999. Anais... Vitória: ABRH, 1999.

SOLETROL - AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA. **Como Funciona um Aquecedor Solar**. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>>. Acesso em: 11 set. 2009.

SOUZA, Mauricio Novaes. **A Crise Energética e a Radiação Solar**. 2008. Disponível em: <<http://mauriciosnovaes.com/2008/07/crise-energetica-e-radiao-solar.html>>. Acesso em: 22 set. 2009.

TAKINO, M. **Características Físicas e Químicas de Águas de Ambientes de Altitudes**. Campos do Jordão – SP, 1984. Bol. Inst. Pesca, 11: 1-12.

TOMAZ, P. **A Economia de Água para Empresas e Residências**: Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001. 138 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003. 252 p.

TRIGUEIRO, A. **Mundo sustentável**: abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo: Globo, 2005.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Departamento de Arquitetura e Urbanismo**. Argamassa Armada. Fev. 2003, Florianópolis. Disponível em: <[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2003-2/argamassa\\_armada/index.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2003-2/argamassa_armada/index.htm)>. Acesso em 26 de out. 2009.



UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 3**. 2002. Disponível em: <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 22 set. 2009.

UNESCO - ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. 2006. Disponível em: <<http://www.unesco.org.br>>. Acesso em: 26 set. 2009.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. Água no Planeta. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br>>. Acesso em: 22 set. 2009.

VUOKKO, K.; LAURÉN, M.; PELTONIEMI, S. **Stability of Major Ions and Sampling Variability in Daily Bulk Precipitation Samples**. Instituto Finlandes de Meteorologia, Sahaajankatu. Finlândia. 2000. Disponível em: <<http://www.elsevier.com>>. Acesso em: 17 set. 2009.

WORLD WATER. **Water Data from The World's Water**. California – EUA, 2004. Disponível em: <<http://www.worldwater.org>>. Acesso em: 26 set. 2009.